Physiologische Briefe

für

Gebildete aller Stände

von

Carl Vogt.

Erste und zweite Abtheilung.

Zweite vermehrte und verbesserte Auflage.

Gießen, 1854.
J. Ricker'sche Buchhandlung.

Zweite Abtheilung.

Das animalische Leben.

Zehnter Brief.

Das Nervensystem.

Der Schädel des Menschen und der höheren Wirbelthiere bildet eine hohle Kapsel, aus einzelnen Knochenstücken in der Weise zusammengefügt, daß nur hie und da kleine Löcher für Nerven und Blutgefäße übrig bleiben, sonst aber ein vollkommen hermetischer Gewölbeschluß erzielt wird. Diese Kapsel wird bei dem Menschen aufrecht auf der Wirbelsäule getragen, welche einen Hohlcylinder darstellt, der aus einzelnen, auf einander geschichteten Ringen, den Wirbeln, zusammengesetzt ist. Die einzelnen Wirbel sind durch Gelenke und elastische Zwischenplatten sowohl unter sich als mit dem Schädel verbunden, und ihr vorderer, der Bauchfläche zugekehrter Theil ist stärker angeschwollen, so daß man an jedem Ringe den einer dicken rundlichen Scheibe gleichenden Körper des Wirbels von dem Bogentheil, welcher den inneren Kanal nach hinten zu umschließt, unterscheiden kann. In der von Schädel und Wirbelsäule auf diese Weise gebildeten Höhle ist nun das Centralnervensystem, das Gehirn und Rückenmark, eingeschlossen, und zwar in der Weise, daß bei aufrechter Stellung das Hirn auf der Schädelbasis aufruht, die in ihrem vorderen Theile etwa der Decke der Augenhöhle entspricht, während das Rückenmark frei in dem Rückenkanale aufgehängt und nur durch seine häutigen Umhüllungen, sowie durch die Blutgefäße und die von ihm abgehenden Nerven an den Wänden befestigt ist.

Hals- und Lendengegend an dem Abgangspunkte der die Arm- und Hüftgeflechte bildenden großen Nerven eine geringe Anschwellung zeigt, sonst aber in seiner ganzen Länge stets dasselbe Aussehen besitzt. Die Bauch- und Rückenfläche des Rückenmarkes sind etwas abgeplattet und zeigen in der Mittellinie eine feine Furche, wodurch das Rückenmark in zwei symmetrische Seitenhälften geschieden wird, die nur in der Mitte durch einen schmalen Verbindungstheil zusammenhängen. Im Centrum des Rückenmarkes findet sich ein feiner Längskanal, der um so weiter ist, je jünger das Individuum, und den man den Rückenmarkskanal nennt. Auch zwei flache seitliche Furchen lassen sich, wenn auch mit größerer Unbestimmtheit, unterscheiden. In regelmäßigen Absätzen, den Wirbeln entsprechend, entspringen von dem Rückenmarke zu beiden Seiten die Nerven, deren es 31 Paare giebt, die zwischen je zwei Wirbeln durch ein besonderes Loch nach außen dringen, und sich in dem Körper verbreiten.

Bei weitem nicht so einfach wie derjenige des Rückenmarkes ist der anatomische Bau des Gehirnes. Hier treten uns sowohl im Aeußeren als auch im Inneren eine Menge von Formgestaltungen entgegen, auf die wenigstens einigermaßen näher einzugehen wir uns nicht versagen dürfen, da mit der Bedeutung einzelner dieser Theile und ihrer Beziehung sowohl zur Empfindung als Bewegung, wie auch zu den höheren Verrichtungen des Gehirnes, ein oft gewagtes Spiel getrieben worden ist. In die Einzelheiten einzugehen dürfte indeß für unseren Zweck um so weniger geeignet erscheinen, als gerade bei dem Gehirne die Kenntniß der gröberen anatomischen Struktur oft in gar keinem Zusammenhange mit der Analyse der Funktionen selbst und den darüber bekannten Thatsachen steht.

Aus der Entwickelung des Gehirnes und Rückenmarkes sowohl, wie aus der vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere läßt sich darthun, daß das Centralnervensystem anfänglich aus einer zusammenhängenden Reihe mehr oder minder geschlossener Räume gebildet ist. Längs der Wirbelsäule des Embryo findet sich als erste Anlage des Rückenmarkes ein cylindrisches Rohr,

an dessen vorderem Ende drei Blasen aufsitzen, welche hinter einander gelegen, die verschiedenen Theile des Gehirnes andeuten und die man füglich von vorne nach hinten mit dem Namen Vorderhirn, Mittelhirn und Hinterhirn belegen kann. Direkte Fortsetzung des letzteren ist das Rückenmarksrohr. Die genannten Räume sind mit mehr oder minder gallertartiger Flüssigkeit erfüllt und auf ihrem Boden bilden sich Ansammlungen festerer Substanz, die allmählich längs der Wände der Gehirnblasen in die Höhe steigen und gewölbartig nach oben fortschreiten, bis sie sich in der oberen Mittellinie begegnen. Erst wenn diese Begegnung an gewissen Stellen vollendet ist (an andern erfüllt sie sich gar nicht), erst dann erfolgt auch Anhäufung von festerer Masse nach innen gegen den Kanal selbst hin; — der von Flüssigkeit erfüllte Raum nimmt mehr und mehr ab und bei dem erwachsenen Menschen endlich bleiben nur einzelne unbedeutende Höhlenräume zwischen den verschiedenen Gehirntheilen übrig, während der übrige Schädelraum und Rückenmarkskanal von fester Substanz erfüllt ist.

Es geht schon aus dieser kurzen Skizze der Entwickelungsgeschichte des Centralnervensystemes hervor, daß man zweierlei Gebilde daran unterscheiden kann, deren Geschichte wesentlich von einander verschieden ist, nämlich einerseits den Hirnstamm oder die ursprünglichen Theile, welche sich auf dem Boden der Gehirnblasen und des Rückenrohres absetzten, und andererseits die Gewölbtheile, welche, auf dem Hirnstamm aufsitzend, den Schluß der festen Theile nach oben und die Ausfüllung der Höhlenräume von oben und den Seiten her bedingten. Jede der drei ursprünglichen Hirnmassen hat so den auf dem Grunde sich durchziehenden Hirnstamm und einen darüber aufgesetzten Gewölbtheil, dessen Entwickelung bei den verschiedenen Klassen und Arten von Thieren sehr verschieden ist. Die wesentlichen Unterschiede, welche man in der Bildung des Gehirnes der Wirbelthiere sieht, hängen meist von dem Umstande ab, daß die Gewölbtheile der verschiedenen Hirnmassen sich ungleichmäßig entwickeln, daß bei der einen Art das Vorderhirn, bei einer andern das Mittel-

oder Hinterhirn übermäßig sich ausbildet, und die anderen Theile dadurch in ihrer Entwickelung gehemmt, überbaut und zurückgedrängt werden, so daß sie nur noch in rudimentären Verhältnissen sich finden. So stehen bei dem Menschen namentlich die Theile des Mittelhirns durchaus in keinem Verhältnisse zu dem Vorderhirn, dessen Gewölbtheil namentlich unverhältnißmäßig sich vergrößert und so über das Mittelhirn hinüberschlägt, daß dasselbe dem Blicke von allen Seiten entzogen ist und erst nach Abtragung oder Zurückschlagung des Vorderhirnes gesehen werden kann.

Die Gewölbebildung ist an dem menschlichen Gehirne namentlich bei dem Vorderhirne am Deutlichsten wahrnehmbar. Deckt man den Schädel eines Menschen ab, so sieht man zwei große, in der Mitte getrennte ovale Massen, deren Oberfläche zahlreiche, in einander gefaltete Windungen zeigt und die den ganzen oberen Schädelraum erfüllen. Vorne ruhen diese Massen auf dem knöchernen Dache der Augenhöhlen, hinten werden sie von einem eigenen häutigen Vorsprunge getragen, der so an der inneren Fläche des Hinterhauptes angebracht ist, daß er fast in derselben Horizontalebene liegt, wie das Dach der Augenhöhlen. Diese gewundenen Massen sind die Gewölbtheile des Vorderhirns, oder in der anatomischen Kunstsprache die Hemisphären des großen Gehirnes (s. Fig. 15 auf S. 232.) Der Spalt, welcher beide Hemisphären in der Mittellinie trennt, geht vorn bis auf das knöcherne Dach der Augenhöhle, hinten bis auf das häutige Zelt am Hinterhaupte durch, und in ihn senkt sich eine senkrechte Falte der sehnigen harten Hirnhaut (dura mater), welche die große Hirnsichel genannt wird. Das häutige Zelt des Hinterhauptes, auf welchem der hintere Theil der Hemisphären ruht, ist eine eben solche, nur horizontal gestellte Falte der harten Hirnhaut, die zur Trennung von dem kleinen Gehirne dient. In dem Raume, welchen die Hirnsichel frei läßt, wird der Zusammenhang der beiden Hemisphären durch eine breite Masse vermittelt, deren obere Fläche man leicht zur Anschauung bekommt, wenn man die beiden Hälften des Gehirnes etwas seitlich aus einander drückt.

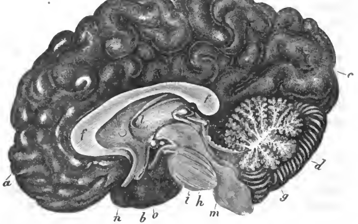


Fig. 15. Senkrechter Durchschnitt in der Richtung der Hirnsichel nach unten geführt, so daß nur die Verbindungstheile der beiden Hemisphären durchschnitten sind. a. Vorderlappen; b. Mittellappen; c. Hinterlappen der Großhirnhemisphäre. d. Kleines Gehirn. Sein Mitteltheil, der sogen. Wurm, zeigt auf dem Durchschnitte den sogen. Lebensbaum, die weiße Marksubstanz, die überall von grauer Substanz eingefaßt ist. f. Der Balken. g. Seitentheil des kleinen Gehirnes. h, i. Die Varolsbrücke, durchschnitten. l. Die durchsichtige Scheidewand (Septum pellucidum). m. Das verlängerte Mark. n. Sehnerv. o. Zugang zum Hirntrichter.

Diese weiße, aus queren Fasern gebildete Masse heißt der Schwielenkörper oder der **Balken**. Schneidet man diesen Balken etwas auf der Seite senkrecht durch, so trifft man auf eine innere Höhle, welche nach hinten zu noch von einer besonderen Markausbreitung, dem sogenannten Gewölbe, überdeckt und geschlossen ist. Die beiden seitlichen Hirnhöhlen, welche in jeder Hemisphäre sich finden, haben eine sehr unregelmäßige Gestalt, und laufen in mehrere Fortsetzungen, sogenannte Hörner aus, auf deren Form wir nicht weiter eingehen können. Die ganze Hirnmasse aber, welche über und neben den Hirnhöhlen angelagert ist, und die mehr als zwei Drittel des gesammten Gehirnes ausmacht, ist Gewölbtheil des Vorderhirnes. Nur die-

jenige Masse, welche den Boden dieser Hirnhöhlen bildet, gehört dem Stamme des Vorderhirnes an.

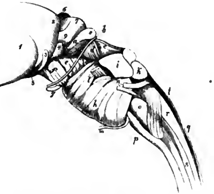


Fig. 16. Der Hirnstamm aus den Gewölbtheilen herausgelöst und für sich dargestellt. 1. Der Sehhügel; 2. dessen hinterer Theil. 3, 4. Die Kniehöcker, besondere schleifenartige, zum Sehhügel gehörige Theile. 5. Anfang des Sehnerven. 6. Die Zirbeldrüse. 7, 8. Vorderer und hinterer Hügel der Vierhügel. 9 und a. Verbindungstheile derselben zum Hirnstamme. b. Ursprung des pathetischen Nerven. c. Verbindungstheil zwischen kleinem Gehirn und Vierhügeln (Kleinhirnschenkel zu den Vierhügeln). d. Ein Theil desselben, die Schleife genannt. e, f. Großhirnschenkel. g. Gemeinschaftlicher Augenmuskelnerv. h. Varolsbrücke. i. Kleinhirnschenkel zur Brücke. k. Kleinhirnschenkel zum verlängerten Marke. l. Dreigetheilter Nerve. m. Abziehnerve des Auges. n. Antlitz- und Hörnerve. o Olivenkörper. p. Pyramidenkörper. q. Rückenmarksfurche. r. Strangförmiger Körper. s. Rückenmark. t. Rautengrube.

In diesem Vorderhirnstamme unterscheidet man zwei Paare von Anschwellungen : eine vordere, den sogenannten Streifenhügel, welche hauptsächlich mit dem Riechnerven, eine hintere, die Sehhügel, welche mit dem Sehnerven in Beziehung steht.

Tief versteckt unter den hinteren Lappen der großen Hemisphären findet sich eine mittlere unpaare Erhabenheit, etwa von Haselnußgröße, die durch zwei sich kreuzende Furchen in zwei ungleiche Hügelpaare getheilt ist. Man nennt diese Erhabenheit die Vierhügel. Sie wird in ihrem Inneren längs der Mittellinie von

einem Kanale durchbohrt, welcher mit den übrigen Hirnhöhlen in direktem Zusammenhange steht. Auf diese Weise werden die Vierhügel, dieser schwache Rest des Mittelhirnes, ebenfalls in einen oberen Gewölbtheil und einen unteren Stammtheil getrennt.

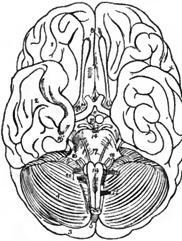


Fig. 17. Ansicht des menschlichen Gehirnes von unten (Hirnbasis). 1. Vorderlappen; 2. Mittellappen; 3. Hinterlappen der Großhirnhemisphäre. 4. Hemisphären des kleinen Gehirnes. 5. Mitteltheil (Wurm) des kleinen Gehirnes. 6. Vorderes getrenntes Läppchen (Flocke) der Kleinhirnhemisphäre. 7. Untere Längsspalte des großen Gehirnes. 8. Riechnerven. (Erstes Paar). 9. Austritt der Riechnerven aus dem Hirnstamme. 10. Kreuzung der Sehnerven. Chiasma nervorum opticorum. (Zweites Paar.) 11. Grauer Hügel; 12. Zitzenkörper, beides Anschwellungen auf der unteren Fläche des Hirnstammes hinter der Sehnervenkreuzung. 13. Augenmuskelnerv. Oculomotorius. (Drittes Paar.) 14. Varolsbrücke. 15. Kleinhirnschenkel zur Brücke. 16. Dreigetheilter Nerv. Nervus trigeminus. (Fünftes Paar.) Unmittelbar davor das weit dünnere, vierte Paar, N. patheticus oder trochlearis. 17. Abziehnerve des Auges. N. abducens. (Sechstes Paar.) 18. Antlitznerve und Hörnerve. N. facialis und N. acusticus. (Siebentes und achtes Paar.) 19. Pyramidenkörper des verlängerten Markes. Zu ihrer Seite nach Außen die Olivenkörper. 20. Zungenschlundkopfnerve, herumschweifender Nerve und Beinerve. N. glossopharyngeus, vagus und accessorius Willisii. (Neuntes, zehntes und elftes Paar.) 21. Muskelnerve der Zunge. N. hypoglossus. (Zwölftes Paar.) 22. Erster Halsnerve.

Im Hinterhirne endlich sind Stamm und Gewölb auf auffallendste Weise getrennt. Der Stammtheil wird von dem verlängerten Marke gebildet, das aus mehreren gesonderten Strängen, den Oliven, Pyramiden und strangförmigen Körpern zusammengesetzt ist und nach vorn zu einem bedeutenderen Knoten anschwillt, in welchem man quere Fasern unterscheidet, und der die Brücke (pons Varoli) heißt. Von dem verlängerten Marke und der Umgegend der Brücke entspringen die meisten Hirnnerven und ebenso gehen von hieraus Ausstrahlungen weißer Marksubstanz, welche die Grundlagen der Gewölbtheile bilden und die man die Hirnschenkel nennt. Man unterscheidet hauptsächlich die Großhirnschenkel und die Schenkel des kleinen Gehirnes, welches über dem verlängerten Marke aufliegt und durch das quere Hirnzelt von den Hemisphären des großen Gehirnes getrennt ist. Durch tief einschneidende Furchen, die eine quere Bogenrichtung haben, ist das kleine Gehirn in eine Menge einzelner Blätter getheilt und zeigt auf dem Durchschnitte eine baumartige Vertheilung der inneren weißen Masse, welche die alten Anatomen mit dem Namen des Lebensbaumes bezeichneten. Auf der oberen Fläche des verlängerten Markes öffnet sich da, wo das kleine Gehirn aufliegt, der Rückenmarkskanal mit einer länglichen Vertiefung, welche die Rautengrube genannt wird, und setzt sich dann unter dem kleinen Gehirne, den Großhirnschenkeln bis zwischen die Sehhügel fort, wo er einerseits mit den großen Hirnhöhlen, andererseits mit einem trichterförmigen Anhange nach unten, den man den Hirntrichter genannt hat, sich vereinigt. Diese sämmtlichen mit einander in Verbindung stehenden Höhlen, die nur der Rest des bei dem Embryo bestehenden Raumes sind, der allmählich durch die Wucherung der Nervensubstanz ausgefüllt wurde, sind mit einem eiweißhaltigen Wasser erfüllt, welches auch das Nervensystem von außen umspült und das Hirnwasser genannt wird. Bei dem angeborenen Wasserkopfe der Kinder ist dieses Hirnwasser außerordentlich vermehrt, so daß die Hirnsubstanz selbst und namentlich

die Gewölbtheile derselben oft auf eine unbedeutende Schicht reducirt sind.

Die weiche, fast breiartige Substanz des Gehirnes und die außerordentliche Veränderlichkeit seiner Elementartheile, die schon unmittelbar nach dem Tode beginnt, hat lange der Erkenntniß seiner Struktur bedeutende Hindernisse in den Weg gelegt. Man wußte schon aus dem äußeren Anblicke, daß man eine weiße Masse unterscheiden konnte, welche deutlich gefaserten Bau besaß, und eine mehr oder minder grauröthlich gefärbte Substanz, die, in geringerer Menge vertheilt, keine solche gefaserte Struktur zeigte, und in der man, je nach Färbung und Textur, noch verschiedene geringere Modificationen unter dem Namen der gelben, der schwarzen Substanz unterschied. Die graue Substanz zeigt sich in sehr verschiedenen Verhältnissen. Im Rückenmarke liegt sie in der Mitte rund um den Kanal herum, rings umgeben von weißer Substanz, eine Art Strang bildend, der vier ausgeschweifte Kanten hat, so daß ihr Durchschnitt als ein liegendes Kreuz erscheint; im Gehirne bildet sie einzelne, mehr oder minder scharf getrennte Kerne, die oft mit weißer Substanz mannichfach durchflochten sind. Außerdem ist noch die äußerste Oberfläche des Gehirnes von mehreren dünnen Lagen grauer Substanz gebildet, zwischen welche Blättchen weißer Substanz sich einschieben. Das wechselseitige Verhältniß der Elementartheile dieser verschiedenen Substanzen zu einander zu entwirren ist aber bis jetzt noch nicht gelungen, und wenn wir auch die Formen und Gestalten der weißen Fasern im frischen und veränderten Zustande und die Elemente der grauen Substanz kennen, so ist es doch jetzt noch unmöglich, bis in's Einzelne zu bestimmen, in welchen Beziehungen beide sowohl unter sich als auch mit den Nerven stehen. Die weiße Substanz, welche die Hauptmasse des Gehirnes bildet, besteht unzweifelhaft aus feinen dünnen röhrenartigen Fasern, die aus einer äußerst feinen Scheide und einem durchsichtigen hellen Inhalte gebildet sind, der fast fettartig aussieht, eine ziemliche Zähigkeit besitzt und in seinem Innern zuweilen etwas fester als in der Nähe der

Scheide ist, so daß, zuverlässigen Beobachtern zu Folge, auch hier der sogenannte Axencylinder deutlich wäre. Diese Fasern oder Röhren sind außerordentlich empfindlich gegen Einwirkungen jeder Art, so daß sie bei unvorsichtiger Behandlung, so wie kurze Zeit nach dem Absterben, überall Ausbuchtungen und Auftreibungen erhalten und ihr ursprüngliches Ansehen gänzlich verlieren. Sie liegen meist in parallelen Bündeln, deren Verlauf man in den einzelnen Theilen des Gehirnes und Rückenmarkes nach vorgängiger Erhärtung verfolgen kann. Im Allgemeinen zeigt sich diese Faserung in der Art, daß die Bündel der Länge des Hirnstammes nach verlaufen, durch die Hirnschenkel in die Gewölbtheile nach oben hin ausstrahlen und auch an einigen Stellen in der Mittellinie, wie an dem Gewölbe und dem Balken des großen Gehirnes, sowie an den mit dem Namen der Commissuren bezeichneten Verbindungssträngen, welche die beiden symmetrischen Hälften des Großhirnstammes mit einander verbinden, und ferner an der Varolsbrücke des Hinterhirnes quer von einer Seite zur anderen gehen.

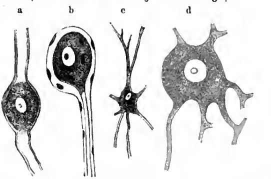


Fig. 18. Nervenzellen und Ganglienkörper bei einer Vergrößerung von 380—400 im Durchmesser a. Bipolare Ganglienkugel vom Ganglion des dreigetheilten Nerven der Forelle. Man sieht im Innern die körnige Masse, den bläschenartigen hellen Kern und das Kernkörperchen, so wie den Uebergang der Hülle in die Scheide der Nervenröhren. b. Unipolare Ganglienkugel vom Menschen, an der man in der dicken hellen Scheide die Kerne der Scheidensubstanz sieht. c. Geschwänzte Nervenzelle mit verzweigten Aesten von der grauen Belegungssubstanz des menschlichen Gehirnes. d. Geschwänzte Nervenzelle aus dem Gehirne des Zitterrochens.

Die Hauptmasse der grauen Substanz des Centralnervensystemes besteht aus eigenthümlichen, höchst zarten, in sternartige Fortsätze auslaufenden Körpern von graulicher Farbe, welche man die Nervenkörper oder Nervenzellen genannt hat. Es bestehen diese Nervenzellen aus einer hellen, zähen, elastischen Masse, in welcher entweder nur sehr feine Körnchen, oder auch in einzelnen Fällen auf einen Klumpen zusammengeballte dunklere Farbstoffkörnchen eingebettet sind. In der Mitte dieser Zellen liegt ein helles durchsichtiges Bläschen, der Kern, mit einem oder zwei rundlichen Kernkörperchen im Inneren. Die strukturlose Hülle, welche diese Nervenzellen umgiebt, ist außerordentlich fein und läßt sich an den meisten nicht einmal mit Sicherheit wahrnehmen. Nach allen Seiten hin strahlen diese Zellen in feine Fortsätze aus, welche sich häufig verästeln, und oft so fein werden, daß ihre weitere Verfolgung in der weichen Substanz unmöglich ist. Diese Fortsätze enthalten dieselbe zähe homogene Grundmasse, wie die Zellen, und ihre Scheide wird so fein, daß sie ebenfalls zuletzt ununterscheidbar wird. Die Größe dieser Nervenzellen wechselt ungemein; die größten finden sich in der grauen Rinde des kleinen Gehirnes, sowie an den Ecken des grauen inneren Kreuzes des Rückenmarkes. An einigen Stellen enthalten sie nur die blasse, zähe, körnige Substanz, an anderen noch die erwähnten Farbekörnchen, wodurch großentheils jene Modifikationen der grauen Substanz erzielt werden, die man mit dem Namen der grauröthlichen, der gelatinösen Substanz u. s. w. bezeichnet hat.

Die erwähnten Nervenzellen sind nicht die einzigen Elemente, welche sich in der grauen Substanz finden. Man sieht dort außerdem eine feinkörnige, blasse, gelatinöse Substanz, ähnlich derjenigen, welche in den Nervenzellen enthalten ist, sowie eine Menge von feinen Nervenröhren, welche höchst wahrscheinlich unmittelbare Fortsetzungen der schwanzförmigen Verlängerungen der Nervenzellen sind. Diese sehen nämlich in ihren letzten Enden den feinsten Nervenröhren so ähnlich, daß man nicht im Stande ist, beide anders zu unterscheiden, als durch den Zusam-

menhang mit anderen Theilen. In einzelnen Fällen hat man den Zusammenhang wirklich sehen können, so wie man anderseits auch Uebergänge der schwanzförmigen Verlängerungen in solche anderer Zellen gesehen hat. Es ist somit höchst wahrscheinlich, daß zwar einerseits die Fortsetzungen der Nervenzellen mit einander communiciren, indem ihre verzweigten Fäserchen und schwanzförmigen Verlängerungen zuletzt eine Art Netz mit einander bilden; daß aber aus diesem ineinander gewirrten Netze anderseits Nervenröhren und solche Fasern hervorgehen, wie sie in der weißen Substanz sich finden, indem einige dieser schwanzförmigen Verlängerungen der Nervenzellen in solche feine Nervenröhren sich fortsetzen.

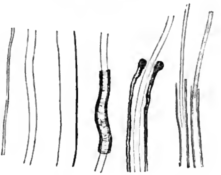
Diejenigen Fasern, welche die aus dem Gehirn entspringenden Nervenwurzeln zusammensetzen, gehen alle aus dem Hirnstamme hervor, und zwar unzweifelhaft aus den grauen Kernen, die in demselben vertheilt sind. Es ist jetzt bei den meisten Nerven dieser Art gelungen, sie bis zu grauen Kernen zu verfolgen, welche man auch nicht mit Unrecht die Nervenkerne genannt hat. Ob aber die Fasern der Nervenwurzeln hier enden, oder ob sie weiter hinaustreten und in die weiße Masse der Hemisphären eindringen, oder ob sie nur bis zu den vorderen Theilen des Hirnstammes, bis zu dem Seh- und Streifenhügel bringen, ist eine noch unerledigte Frage. Jedenfalls wird aus dem physiologischen Verhalten, wie wir weiter unten sehen werden, klar, daß bei weiterem Vordringen in die Gewölbtheile des Gehirnes die Fasern ihre Funktion ändern müßten, was gewiß als sehr unwahrscheinlich betrachtet werden muß. In dem Rückenmarke ist man ebenfalls über den Ursprung der Nervenwurzeln noch zweifelhaft. Während die Einen behaupten, daß sie aus der grauen Kernsubstanz entstehen, machen die Anderen es wahrscheinlich, daß die letzten Enden bis zum Gehirne emporsteigen. Je weiter die Nervenwurzeln nach außen treten, desto breiter und dicker werden die einzelnen Röhren, aus denen sie zusammengesetzt sind, während zugleich die umgebende Scheide sich deutlicher gewahren läßt. Auf der Oberfläche des Centralor-

ganes angelangt erhalten die Nervenwurzeln schon eine festere Umhüllung, die noch weit stärker und deutlicher wird, sobald sie in die Löcher eintreten, durch welche sie die Schädelhöhle und den Rückenmarkskanal verlassen.

Während wir in dem Centralnervensysteme ein in sich abgeschlossenes Ganzes finden, das ringsum von knöchernen Wänden eingeschlossen, schon durch diese Abgeschlossenheit die Concentrirung seiner Funktionen andeutet, sehen wir im Gegentheile die peripherischen Nerven überallhin durch den Körper verbreitet, alle Organe umspinnend und durchsetzend, und auf diese Weise einen direkten Zusammenhang der Körpertheile mit dem Centralnervensystem herstellend. Man begeht im gemeinen Leben noch oft den Fehler, die Nerven mit den Muskeln, besonders aber mit den Sehnen zu verwechseln, welche durch ihr äußeres Ansehen eine geringe Aehnlichkeit darbieten. Man hört ganz gewöhnlich von einer Wunde, welche die Sehnen oder Flechsen eines Gliedes getroffen und dadurch eine Lähmung hervorgebracht hat, es seien die Nerven durchschnitten worden; ein nerviger Arm und ähnliche Ausdrücke sind gang und gäbe, wenn man von einem stark gebauten, muskulösen Gliede sprechen will. Die Nervenstämme, selbst die dicksten, welche wir besitzen, sind nicht so bedeutend, daß sie unter der Haut vorträten; — es sind dünne, weiße, glänzende Stränge, welche meist von dem Centralnervensysteme her durch alle Theile des Körpers sich verbreiten, stets sich schwächend, indem sie Aeste abgeben und endlich in so dünne Zweiglein sich theilen, daß sie dem Auge sich entziehen.

Dem äußeren Ansehen nach kann man schon zweierlei Arten von Nerven im menschlichen Körper unterscheiden. Die einen haben die beschriebene atlasglänzende Weiße, eine gewisse Festigkeit und einen mehr gradlinigen Verlauf; — man kann sie von einem Theile ihres Stammes aus einerseits bis zu dem Centralnervensysteme verfolgen, aus welchem sie mit gesonderten Wurzeln entspringen, während sie anderseits in dem Körper sich an die einzelnen Sinnesorgane, an die Muskeln und die Haut zertheilen. Man nennt diese Nerven, da sie evident aus dem

Gehirne und Rückenmark entspringen, die Hirn- und Rückenmarknerven oder **Cerebrospinalnerven**. Dagegen findet man namentlich an den Eingeweiden und den Blutgefäßen röthlichgraue, weiche, vielfach untereinander verflochtene Fasern, die keine deutlichen Stämme und Zweige bilden, mit röthlich-weichen Knötchen, sogenannten Ganglien, in Verbindung stehen und als deren Hauptsammelplatz ein knotiger Grenzstrang erscheint, welcher auf der vorderen Fläche des Rückgrates jederseits von oben nach unten verläuft und durch Verbindungsäste mit den meisten Hirn- und Rückenmarksnerven, nicht aber direkt mit den Centralorganen in Verbindung steht. Man nennt diese Nerven sympathische, **organische** oder Ganglienerven.



e f g h i k

Fig. 19. Nervenfasern bei 350facher Vergrößerung. e. Feine; f. mittelbreite; g. breite dunkelrandige Nervenfaser in frischem Zustande von einem Kaninchennerven. h. Faser aus dem menschlichen Rückenmark. Man sieht den hellen Axencylinder und die zusammengezogene Scheide. i. Aehnliche Faser aus dem menschlichen Hirn. k. Uebergang der feinen Hirnfasern in Fasern mit Scheide aus dem Gehirn des Zitterrochens.

Jeder mit bloßen Augen oder unter der Loupe sichtbare Nervenast oder Stamm besteht aus einem Bündel feiner Röhren, welches in den Cerebrospinalnerven von einer deutlichen, mehr oder minder dicken festen Scheide umgeben ist. In dieser Scheide erst liegen die eigentlichen Primitivröhren der Nerven, welche, frisch untersucht, glashell und durchsichtig erscheinen, und bei

Beobachtung von oben einen fettigen oder wachsähnlichen Glanz zeigen. Ganz frisch untersucht und ohne Zusatz von irgend welchen Substanzen, welche das Ansehen der Nervenröhren außerordentlich leicht ändern, zeigen dieselben einfache, dunkele Contouren und einen hellen Inhalt, der durchaus homogen erscheint. Dieser Inhalt wird aber äußerst leicht verändert und namentlich durch Gerinnung so sehr in seinem Verhalten umgewandelt, daß er oft kaum erkennbar ist. Bei geeigneter Behandlung unterscheidet man aber in den Nervenröhren drei wesentliche Elemente : eine innere Centralfaser, weich, biegsam, aber elastisch, etwa wie geronnenes Eiweiß, aber vollkommen durchsichtig und homogen. Dieser Axencylinder der Nervenröhre bricht das Licht eben so, wie das zähflüssige, glänzende, ölartige Nervenmark, welches beim Drucke aus einer durchschnittenen Nervenröhre hervorquillt, und nach außen hin von der elastischen, strukturlosen, durchsichtigen, dunkelrandigen Scheide umgeben wird. Der Axencylinder, den viele Beobachter nicht als ein eigenes Gebilde, sondern nur als den inneren festeren Theil des Nervenmarkes ansehen, findet sich constant in allen Fasern, und setzt sich einerseits in die schwanzförmigen Verlängerungen der Nervenzellen, andererseits bis in die letzten peripherischen Aenderungen der Nervenröhren fort, so daß er als das hauptsächlichste, nie fehlende Element der Nervenfaser sich darstellt. Das flüssige Mark, welches den Axencylinder umgiebt, findet sich nur in den breiteren, dunkelrandigen Nervenröhren und nur in dem peripherischen Nervensysteme überhaupt. Die Röhren des Gehirnes und Rückenmarkes entbehren es gänzlich. Sein Fehlen bedingt die geringere Breite der Nervenfaser, auf welche man früher vieles Gewicht legte, im Verein mit der Scheide, die ebenfalls sowohl im Centralnervensysteme, wie an den letzten Endigungen der Nerven allmählich verschwindet, oder wenigstens vollkommen dünn und unsichtbar wird. Die Unterschiede, welche man früher zwischen dunkelrandigen und hellrandigen Nervenröhren, zwischen breiten und schmalen Primitivfasern festhalten wollte und von denen man gewisse Unterschiede in der Funktion

abhängig machen zu können glaubte, erscheinen den neuesten Untersuchungen zufolge weniger wesentlich, indem dieselbe Faser in ihrem Verlaufe von dem Centralnervensysteme bis zur letzten peripherischen Endigung sehr verschiedene Dicke und große Mannichfaltigkeit hinsichtlich ihrer Contouren und dem Verhalten des Markes und der Scheide zeigen kann.

Wir erwähnten oben der Ganglien oder Knoten, welche sich ganz allgemein an dem sympathischen Nervensysteme finden. Ganz ähnliche Knoten zeigen sich aber auch an den hinteren Wurzeln aller Rückenmarksnerven, sowie an den Wurzeln einiger Hirnnerven, so daß in dieser Beziehung das sympathische Nervensystem nicht als etwas Besonderes angesehen werden kann. Der gleiche Schluß ergiebt sich, wenn man diese Ganglien mikroskopisch untersucht. Ihre graue Masse besteht aus den sogenannten Ganglienkugeln oder Ganglienkörpern, welche hinsichtlich ihres homogenen, zähen, mit Körnchen durchwebten Inhaltes durchaus den Zellen des Centralnervensystemes entsprechen, sich aber dadurch von ihnen unterscheiden, daß sie eine feste Hülle und keine sternförmigen Verlängerungen besitzen. Viele dieser Ganglienkugeln sind vollkommen rund und in sich abgeschlossen, andere, die sogenannten unipolaren Ganglienkörper, setzen sich nach einer Seite, noch andere, die bipolaren, nach zwei entgegengesetzten Seiten hin unzweifelhaft in Nervenfasern fort. Die Ganglien sind demnach zerstreute Centralorgane, in welchen ein Ursprung von Nervenfasern Statt findet, die zu den von dem Centralorgane kommenden Fasern hinzutreten, und dadurch eine Verstärkung des austretenden Nerven bewirken. Da, wo die unipolaren Ganglienkugeln vorherrschen, wie z. B. in den meisten Ganglien des Menschen, stellen die Ganglien wirklich zerstreute Centralorgane dar, welche zu den vorüberstreichenden, vom Hirn und Rückenmarke kommenden Fasern eine Verstärkung von Fasern senden, während bei den Fischen, wo die bipolaren Ganglienkugeln fast einzig vorkommen, jedes Ganglion fast nur ein in den Verlauf des Nerven eingeschobenes Erneuerungsorgan der Nervenwirkung darstellt.

Eine in physiologischer Hinsicht äußerst wichtige Frage ist die nach der Endigung der Nerven in den peripherischen Organen des Körpers. So lange die Anwendung des Mikroskopes noch eine äußerst beschränkte war, konnten nur Hypothesen über das Verhalten der Nervenenden aufgestellt werden. Man sah die Nerven in stets feinere Zweige und Zweiglein sich theilen, mit den letzten erkennbaren Aestchen in das Gewebe der Organe, welchen sie bestimmt waren, eindringen, konnte aber nicht die einzelnen Primitivröhren bis zu ihrem Ende verfolgen, um sich zu überzeugen, ob sie stets von dem umgebenden Gewebe isolirt blieben, oder aber mit demselben in ein untrennbares Ganze verschmölzen. Auch jetzt noch, wo angestrengte Untersuchungen mit allen erdenklichen Hülfsmitteln in verschiedenen Gebilden die Nervenendigung mit dem Mikroskope zu verfolgen suchten, sind noch viele Dunkelheiten unaufgeklärt. Man glaubte früher, daß eine jede Primitivröhre von ihrem Ursprunge bis zu ihrem peripherischen Ende hin vollkommen isolirt sei, daß sie mit keinem anderen Gewebe verschmelze und eigentlich gar kein peripherisches Ende besitze, sondern sich zuletzt schlingenförmig umbiege und wieder nach dem Centralorgane zurücklaufe. Man konnte demnach jeden Nerven als ein Bündel von isolirten Primitivröhren ansehen, die in den Aesten sich nicht theilen, sondern nur auseinanderweichen. Die Untersuchungen der Neuzeit haben diese Ansichten mannichfaltig modifiziren müssen. In den mit bloßem Auge sichtbaren Nerven kommen freilich nur wenige Theilungen vor. Die Primitivröhren laufen vollkommen isolirt neben einander her, wie eben so viel umsponnene Drähte eines elektrischen Leitungsapparates. Gegen das peripherische Ende zu theilt sich aber jede Primitivröhre unzweifelhaft mehrfach, und spaltet sich in immer feiner werdende Zweige. Gewöhnlich verlieren diese letzten Enden der Nerven die dickere Scheide, die dunkelrandigen Contouren hören auf und die letzten Enden der verzweigten Fasern werden wieder gänzlich den in den Centralorganen befindlichen Fasern ähnlich. Diese letzten Fasern verbinden sich unter einander schlingenförmig und bilden ein

Maschennetz, aus welchem vielleicht noch feinere Aeste abgehen, die sich frei in dem Gewebe enden. Bei Fröschen und Fischen sind in den Muskeln unzweifelhaft solche freie Endigungen gesehen worden, ebenso in dem elektrischen Organe des Zitterrochens, in der Haut des Frosches u. s. w. Ob dieselben auch bei Säugethieren und dem Menschen vorkommen, ist eine noch unerledigte Frage.

Es giebt in dem menschlichen Körper nur sehr wenige Nervenstämme, welche durchaus isolirt von dem Gehirne aus bis zu ihrem peripherischen Verbreitungsbezirke verlaufen; — die meisten verbinden sich durch sogenannte Anastomosen mit einander; viele auch verschmelzen mit anderen zu einem gemeinschaftlichen Stamme, der sich nicht ohne Zerreißung zerlegen läßt. Es wäre indeß falsch, wenn man glauben wollte, daß solche Verbindungen und Verschmelzungen auf wirklichem Zusammengehen der Nerven beruhe; es sind diese Anastomosen im Gegentheile nur Brücken, mittelst deren Bündel von Primitivröhren aus einem Stamme in den anderen übergehen, um auf der Bahn des andern Nerven weiter zu verlaufen. Oft ist dieser Austausch wechselseitig und die übergehenden Primitivröhren kreuzen sich in der durch die Anastomose gebildeten Brücke; — oft aber verläßt auch nur ein Bündel von Primitivröhren den einen Nerven, um zu dem anderen Stamme überzutreten, ohne daß Reciprocität vorhanden wäre. Es ist wohl denkbar, daß eine und dieselbe Primitivröhre auf diese Weise mehre Nervenstämme theilweise begleitet, um dann wieder auf einen anderen Stamm überzuspringen; nichts destoweniger bleibt die Primitivröhre in ihrem ganzen Laufe isolirt, so weit dieser innerhalb der mit bloßem Auge sichtbaren Nerven Statt findet.

Unter dem Namen der Nervenwurzeln bezeichnet man die Nervenbündel, welche an den Seiten des Gehirnes und Rückenmarkes hervortreten, um sich zu Stämmen zu vereinigen und nach den verschiedenen Körpertheilen zu begeben. So wie das Centralnervensystem, so zeigen auch die peripherischen Nerven eine durchaus symmetrische Anordnung; — alle Cerebrospinalnerven sind paarig im Körper vorhanden und haben einen durch-

aus paarigen Verlauf in beiden seitlichen Körperhälften. An dem Gehirne des Menschen und der meisten Wirbelthiere unterscheidet man 12 Paare von Nerven, während das Rückenmark 31 Nervenpaare liefert. Die ersten treten durch Löcher, welche sich in der Schädelbasis befinden, aus dem knöchernen Schädel hervor; die Rückenmarksnerven verlassen den Kanal mittelst eigener Löcher, welche sich zwischen je zwei Wirbeln finden. Jeder Rückenmarksnerve hat zwei Wurzeln, die deutlich von einander getrennt sind; beide Wurzeln entspringen an der Seitenfläche des Rückenmarkes, die vordere aber mehr gegen den Bauch, die hintere mehr gegen den Rücken hin. Man kann so durch Querschnitte das Rückenmark in eben so viel Segmente theilen, als Nervenpaare entspringen; denn die beiden Wurzeln eines jeden Nerven entspringen in derselben Horizontallinie, wenn man das Rückenmark des stehenden Menschen betrachtet, oder, wenn man das Rückenmark horizontal gelegt denkt, in derselben senkrechten Linie. Beide Wurzeln convergiren nach dem Austrittsloche hin; unmittelbar aber vor ihrer Vereinigung zeigt die hintere Wurzel eine knotenförmige graue Anschwellung, ein wahres Ganglion, in welchem auch wirkliche Ganglienkugeln liegen. Die Unterscheidung dieser beiden Wurzeln, der hinteren, mit einem Ganglion versehenen, und der vorderen ganglienlosen Wurzel, ist von der höchsten Bedeutung für die Physiologie, da, wie wir in der Folge sehen werden, beiden durchaus verschiedene Funktionen zukommen.

Die Nerven, welche vom Gehirne ihren Ursprung nehmen, entstehen sämmtlich, ohne Ausnahme, in dem Hirnstamme auf der unteren Fläche des Gehirnes; die Gewölbtheile stehen durchaus in keinem Zusammenhange mit den 12 Paaren von Nerven, welche dem Schädeltheile des Centralnervensystemes entspringen. So weit bis jetzt die noch sehr unvollständigen Untersuchungen Aufschluß geben, so hat jedes Nervenpaar einen im Hirnstamme gelegenen Kern grauer Substanz, von welchem es seinen Ursprung nimmt, und nachdem es die äußerlich umhüllende weiße Substanz des Gehirnes durchsetzt hat, erscheint es auf der Unterfläche

desselben, um meist nach kurzem Laufe durch ein oder mehrere Löcher des knöchernen Schädels nach den peripherischen Organen vorzubringen.

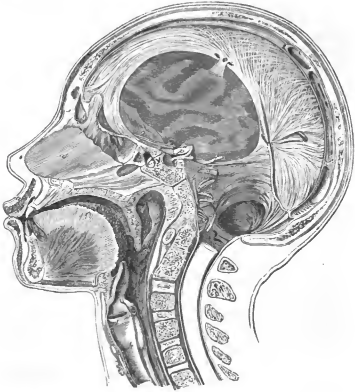


Fig. 20.
Senkrechter Durchschnitt des Kopfes. Das Gehirn ist herausgenommen, so daß man die Falten der harten Hirnhaut, besonders die Hirnsichel und das Hirnzelt, so wie sämmtliche Nervenwurzeln sieht.

Man hat die verschiedenen Nervenpaare des Gehirnes von vorne nach hinten mit Nummern bezeichnet, welche ich hier nebst den ebenfalls gebräuchlichen, meist von der Funktion entnommenen Namen, anführen will:

Erstes Paar :	Riechnerve	Nervus Olfactorius,	*o*	Fig.	20.
Zweites „	Sehnerve	„ Opticus,	*p*	„	„
Drittes „	Gemeinschaftlicher Augenmuskelnerve . . .	„ Oculomotorius,	*q*	„	„
Viertes „	Pathetischer Nerve . .	„ Patheticus,	*r*	„	„
Fünftes „	Dreigetheilter Nerve . .	„ Trigeminus,	*s*	„	„
Sechstes „	Abziehnerve des Auges .	„ Abducens,	*t*	„	„
Siebentes „	Gesichtsnerve	„ Facialis,	*u*	„	„
Achtes „	Hörnerve	„ Acusticus,	*v*	„	„
Neuntes „	Zungen-Schlundkopfnerve	„ Glossopharyngeus,	*w*	„	„
Zehntes „	Herumschweifender Nerve	„ Vagus,	*x*	„	„
Elftes „	Beinerve	„ Accessorius,	*y*	„	„
Zwölftes „	Zungenfleischnerve . .	„ Hypoglossus,	*z*	„	„

Faßt man die Nerven hinsichtlich ihrer Verbreitung und der aus derselben schon hervorgehenden Funktion in das Auge, so ergeben sich mehrere bestimmte Klassen.

Der Mensch besitzt außer dem allgemeinen Tastsinne, der überall auf der Haut verbreitet und kaum als an ein besonderes Organ gebunden gedacht werden kann, vier eigenthümliche spezielle Organe für spezifische Sinnesempfindungen : die Nase für den Geruch, das Auge für das Gesicht, das Ohr für das Gehör, und die Zunge nebst den hinteren Theilen des Rachens für den Geschmack. Jede dieser spezifischen Sinnesempfindungen wird auch durch einen besonderen Nerven vermittelt, wir haben einen Riechnerven, Sehnerven, Hörnerven und Geschmacksnerven, der in dem neunten Paare, dem Zungenschlundkopfnerven oder Glossopharyngeus, gegeben ist.

Alle specifischen S i n n e s n e r v e n gehören dem Gehirne an.

Wir besitzen ferner eine zweite Klasse von Nerven, welche einzig und allein in Muskeln sich verbreiten, r e i n e M u s k e l n e r v e n, deren Wurzeln bei der Durchschneidung durchaus keinen Schmerz erzeugen, und bei welchen diese Verletzung nur den Verlust der Bewegung zur Folge hat.

Es gehören hierher die drei Paare von Augenmuskelnerven, das dritte, vierte und sechste Hirnnervenpaar, Oculomotorius, Patheticus und Abducens, das siebente Paar oder der Facialis,

welcher die Bewegungen des Antlitzes vermittelt, das elfte und zwölfte Paar, der Beinerve oder Accessorius, von welchem einige besondere Athembewegungen abhängen, und endlich der Hypoglossus oder Muskelnerve der Zunge.

Die zwei übrigen Nervenpaare des Gehirnes, nämlich dreigetheilter und herumschweifender Nerv, so wie sämmtliche Nerven des Rückenmarkes ohne Ausnahme sind gemischte Nerven, indem sie sowohl Bewegung als Empfindung vermitteln, sich sowohl in bewegenden als empfindenden Organen verbreiten, und somit stets ihre Verletzung gemischte Funktionsstörungen zur Folge hat.

Wir erwähnten schon oben jenes eigenthümlichen Nervensystemes, das man mit dem Namen des organischen, sympathischen oder Gangliensystemes bezeichnet. Hier fehlt jede Centralisation. Eine Menge von einzelnen Ganglien und Ganglienhaufen sind überall unter den größeren Eingeweidegruppen zerstreut und durch vielfache Fäden mit einander verbunden, die zugleich an allen Eingeweiden sich verbreiten, die größeren und kleineren Blutgefäße umspinnen und viele sogenannte Geflechte bilden, von welchem das größte, das Sonnengeflecht, etwa in der Gegend der Herzgrube, aber ganz in der Tiefe auf der Aorta aufliegt. Außer den vielfach zerstreuten Geflechten findet sich dann noch eine Reihe durch kurze Zwischenstränge mit einander verbundener Ganglien, die zusammen den Stamm oder Grenzstrang des Sympathicus bilden und von allen Rückenmarksnerven einen Zweig erhalten. Die Ganglien des Grenzstranges, der jederseits der Wirbelsäule parallel läuft, liegen den Zwischenwirbellöchern gegenüber, so daß man Hals-, Brust- und Bauchganglien unterscheiden kann. Der oberste Halsknoten, der etwa vor dem zweiten Halswirbel liegt, ist eines der größten dieser Ganglien, und die von ihm ausgehenden Zweige und Geflechte stehen mit den meisten Hirnnerven, besonders den gemischten, durch Zweige in Verbindung. Im Ganzen kann man sagen, daß das sympathische Nervensystem sich nur an solche Theile verbreitet, die im normalen Zustande weder Empfindung

noch willkürliche Bewegung zeigen, und daß weder die willkürlichen Muskeln noch die Sinnesorgane in seinen Verbreitungsbezirk fallen.

Es geht aus dieser kurzen Andeutung der anatomischen Verhältnisse des Nervensystemes hervor, daß es wie das Blutgefäßsystem ein allgemein durch den Körper verbreitetes System ist, dessen einzelne Theile überall in bestimmter Beziehung zu einem Centralorgane stehen, von welchem der Impuls der verschiedenen Funktionen ausgeht. So wie die unendlich verzweigten Canäle, welche dem Blutstrome angewiesen sind, alle vom Herzen ausgehen und zu dem Herzen zurückführen, so führen auch die verwickelten Netze des Nerven stets wieder zu dem Centralorgane ihres Systemes, zu Hirn und Rückenmark. Während aber der Inhalt des Blutsystemes in ewig kreisender Bewegung sich umschwingt und seine Thätigkeit nur in der Bewegung gedacht werden kann, ist das Nervensystem im Gegentheile durch Bewegungslosigkeit ausgezeichnet. Wir finden hier keine arbeitende Pumpe, durch welche die Nervensäfte in stetem Umschwunge erhalten werden; kein sichtbares Strömen innerhalb der Kanäle, durch welche die Empfindung und der Willen fortgepflanzt werden, und dennoch unterliegt es keinem Zweifel, daß die Fortleitung und Mittheilung im Nervensysteme weit schneller von Statten gehe, als im Blutsysteme.

Die Kenntniß über die Funktionen des Nervensystemes im Allgemeinen, so wie über die Eigenschaften der einzelnen Nerven insbesondere, hängt fast einzig und allein von dem Experimente am lebenden Thiere oder von den Erfahrungen ab, welche Krankheiten oder Verletzungen am Menschen zeigen. Letztere Quelle aber fließt nur sehr spärlich und meist auch nur sehr trübe. Bei der unglücklichen Eigenschaft der Medizin, jede Frage, mit der sie sich beschäftigt, zu verwirren, statt aufzuklären, und für jede Ansicht eben so viel Beweise als Gegenbeweise anzuführen, wären wir noch immer im Dunkeln, wenn nicht die Vivisektion uns ihr Scalpell geliehen hätte. Die meisten Nervenstämme und Nervenwurzeln sind demselben zugänglich, sie können

durchschnitten, zerstört, ihre Funktion vernichtet werden, und die Erscheinungen, welche nach einem solchen Eingriffe auftreten, geben Aufschluß über die Funktion des zerstörten Nerven. Wenn nach Durchschneidung eines gewissen Nervenstammes jedesmal bestimmte Muskeln gelähmt werden und ihren Dienst versagen, gewisse Hautstellen unempfindlich werden, so daß man sie zerfleischen, mit glühenden Eisen brennen kann, ohne daß die geringste Schmerzensäußerung auf solche Eingriffe erfolgt, so schließen wir natürlich aus dem Nichtvorhandensein der Empfindung, aus der Unmöglichkeit der Bewegung, die als Folge der Durchschneidung auftritt, daß die Funktion des durchschnittenen Nerven eben in Vermittelung der Empfindung und Bewegung bestehe. Wir dürfen offen sagen, daß wir nur da über die Funktion der Nerven etwas Bestimmtes wissen, wo uns das angeführte Mittel der Analyse zu Gebote steht; an den organischen Nerven hat es bis jetzt größten Theils fehlgeschlagen, da die unendliche Vertheilung ihrer einzelnen Stämmchen, der Mangel an Centralisation ihrer Fäden sowohl als ihrer Ganglien, bis jetzt unüberwindliche Hindernisse in den Weg gelegt haben. Von den Funktionen der Centralorgane stehen nur diejenigen fest, welche ebenfalls durch Analyse der Erscheinungen sich ergeben, die bei Thieren nach Abtragung einzelner Theile sich zeigen. Die größere Hälfte der Gehirnfunktionen, nämlich die Beziehung dieses Organes zu den Geistesthätigkeiten, liegt nur deßhalb noch im Dunkeln, weil eben es unmöglich ist, die Gedanken eines Thieres zu sehen und sich von den Veränderungen zu überzeugen, die nach Verletzung der Hirntheile in seinen Geistesthätigkeiten eintreten. Wir können auf die größere oder geringere Schmerzempfindung eines Thieres aus seinem Schreien, aus seinen abwehrenden Bewegungen schließen und auch annähernd daraus auf die Intensität seiner Empfindungen; wir können die nach Verletzung eines Hirntheiles auftretende Lähmung, die nach Reizung erscheinenden Zuckungen einzelner Theile constatiren; — aber auch nicht mehr. Das Verhältniß der Hirntheile zu den Geistesfunktionen kann nie und nimmermehr auf

anderem Wege ermittelt werden, als auf dem Wege der Beobachtung kranker Zustände und Verletzungen des Gehirnes; die Thätigkeit des organischen Nervensystemes konnte ebenfalls bis jetzt größten Theils nur auf demselben Wege, welcher der Medizin anvertraut ist, gefunden werden — von beiden wissen wir thatsächlich so viel als — Nichts!!

Elfter Brief.

Die Funktionen der Nerven.

Bricht man bei einem lebenden Thiere, am besten bei einem jungen Hunde, wo die Knochen noch weich sind, den Wirbelkanal in der Lendengegend auf, und legt auf diese Weise das Rückenmark in seinem unteren Theile blos, so zeigen sich die doppelten, vom Rückenmarke entspringenden Wurzeln der verschiedenen Nervenstränge, welche zu den hinteren Extremitäten gehen. Die hinteren, mit einem Ganglion versehenen Wurzeln liegen frei und offen dem Blicke dar; hebt man diese Wurzeln auf, um in die Tiefe schauen zu können, so findet man in entsprechender Reihe die vorderen ganglienlosen Wurzeln. Beim Berühren, Kneipen oder Stechen der hinteren Wurzeln, bei ihrer Reizung mittelst der beiden Poldrähte einer galvanischen Säule, geben die Thiere die lebhaftesten Schmerzensäußerungen. Führt man nun ein feines Messerchen unter diesen hinteren, mit Ganglien versehenen Wurzeln durch und schneidet sie ab, so schreien die Thiere im Momente der Durchschneidung laut auf. Die durchschnittenen Enden, welche nicht mehr mit dem Rückenmark in Verbindung stehen, kann man nun mißhandeln, wie man will, es erfolgt keine Schmerzensäußerung, während die leiseste Berührung der noch an dem Rückenmarke hängenden Wurzelstümpfe auch die vorherigen Schmerzensäußerungen hervorruft. Hat man nun die Vorsicht gehabt, die hinteren Wurzeln sämmtlicher Nerven, welche in einen Fuß gehen, auf der einen

Seite zu durchschneiden, so ist die Empfindlichkeit in dem ganzen Fuße durchaus aufgehoben. Man kann den Fuß, dessen hintere Nervenwurzeln durchschnitten sind, mit glühenden Eisen brennen, der Hund giebt nicht das geringste Zeichen von Schmerz, während unmittelbar vor der Durchschneidung schon ein Nadelstich ihn zum Schreien brachte.

Gänzliche Empfindungslosigkeit der Theile, zu welchen ein Nerve sich begiebt, ist demnach unmittelbare Folge der Durchschneidung der hinteren Rückenmarkswurzeln eines Nerven.

Ganz andere Resultate zeigen sich bei Reizung und Durchschneidung der vorderen Wurzeln, welche kein Ganglion besitzen. Jede Reizung derselben ist unmittelbar von einer heftigen Contraktion derjenigen Muskeln gefolgt, in welchen sich der betreffende Nerve vertheilt. Bei jeder Schließung und Oeffnung einer galvanischen Kette, mit welcher man die vordere Wurzel in Verbindung setzt, entsteht eine Zuckung der Muskeln. Nach Durchschneidung der Wurzeln ist es dem Thiere unmöglich, den Fuß zu bewegen. Kneipt man es an dem gelähmten Fuße, so schreit es auf, sucht zu entfliehen, strengt sich an, durch Bewegungen den Schmerz abzuwehren, allein alle Anstrengungen bleiben fruchtlos; die Muskeln sind unbeweglich, der Fuß vollkommen gelähmt. Kneipt man die Wurzelstümpfe, welche noch mit dem Rückenmarke zusammenhängen, so erfolgt weder Schmerzensäußerung, noch Reaktion in irgend einem Theile; reizt man hingegen die mit den Nerven zusammenhängenden Wurzeln, welche vom Rückenmarke getrennt sind, so erfolgen die Bewegungen und Muskelzuckungen ganz so, wie wenn sie noch mit dem Rückenmarke zusammenhängen würden.

Gänzliche Lähmung der Bewegung befällt demnach diejenigen Glieder, an deren Nerven die vorderen ganglienlosen Rückenmarkswurzeln durchschnitten sind.

Die genannten Versuche gehören zu den grausamsten, welche man an Säugethieren anstellen kann; ihre Resultate sind aber auch so durchaus schlagend, daß nicht der mindeste Einspruch dagegen erhoben werden kann. An Fröschen sind sie leicht an-

zustellen und man trennt nicht selten hier an dem linken Fuße z. B. alle hinteren, an dem rechten alle vorderen Wurzeln, um so die entgegengesetzten Phänomene an demselben Thiere auf verschiedenen Seiten zu sehen. Der rechte Fuß ist gelähmt, der Frosch kann ihn nicht mehr bewegen, er schleift ihn beim Kriechen nach, da ihm das Hüpfen unmöglich ist. Sticht oder kneipt man aber den gelähmten Fuß, so sucht der Frosch zu entrinnen und mit dem linken Fuße das Instrument, das ihm Schmerz verursacht, abzustreifen. Derselbe linke Fuß aber, der alle Bewegungen so vollkommen ausführt und so sichtlich dem Willen gehorcht, ist durchaus unempfindlich; man kann eine glühende Kohle auf ihn legen, ohne daß der Frosch nur daran denkt, den Fuß wegzuziehen.

Es beweisen diese Versuche auf das Schlagendste, daß die beiden Wurzeln eines Rückenmarksnerven durchaus verschiedene Funktionen haben, daß die eine, die mit einem Ganglion versehene hintere die Empfindung, die vordere dagegen die Bewegung vermittelt, und daß diese Nervenwurzeln nur dann noch einer Funktion fähig sind, sobald sie noch mit dem Rückenmarke zusammenhängen. Sobald dieser unmittelbare Zusammenhang auf irgend eine Weise, mittelst der Durchschneidung, ja selbst nur durch Zusammenschnüren oder starken Druck aufgehoben ist, so existirt die Funktion des Nerven für das Thier nicht mehr; Empfindung wie Bewegung sind ihm beide gleich unmöglich.

Durchaus die gleichen Erfahrungen macht man bei Durchschneidung der einzelnen Wurzeln der Hirnnerven. Diejenigen, welche wir als reine Muskelnerven bezeichneten, wie der Zungenfleischnerv, die Augenmuskelnerven u. s. w., sind unfähig, Schmerzensempfindung zu erregen, während unmittelbare Lähmung der von ihnen versorgten Muskeln die Folge der Verletzung ist. Das fünfte Paar verhält sich durchaus wie ein Rückenmarksnerve; seine große, mit einem Ganglion versehene Wurzel ist außerordentlich empfindlich, seine kleinere Wurzel nur der Bewegung bestimmt.

Die Reizung und Durchschneidung der vier Sinnesnerven dagegen bewirkt durchaus verschiedene Erscheinungen. Die Durchschneidung des Sehnerven, welche auch beim Menschen zuweilen vorgenommen wird, wenn es sich um Ausrottung eines krebsigen Auges handelt, ist nicht schmerzhaft, sie bewirkt keine Lähmung der Augenmuskeln; — im Momente der Durchschneidung aber sieht der Operirte eine hellglänzende Lichterscheinung, ein Feuermeer, das plötzlich in dunkle Nacht versinkt. Thiere, deren Sehnerven man isolirt reizt oder durchschneidet, geben weder Schmerzensäußerungen, noch zeigen sich die Bewegungen des Auges verändert, wohl aber ist das Sehvermögen aufgehoben. Das Auge, dessen Sehnerve zerstört ist, empfindet kein Licht mehr, man kann eine brennende Kerze demselben nähern und mit dem Finger dagegen fahren, ohne daß die Augenlieder blinzeln, wie dies bei sehenden Augen geschieht. Man hat ziemlich häufig Fälle beobachtet, wo der Sehnerve beim Menschen krankhaft zerstört, durch Geschwülste zusammengedrückt war — stets zeigte sich unheilbare Blindheit als Symptom einer solchen Entartung. Ein Gleiches zeigt sich bei den übrigen Sinnesnerven. Nach Durchschneidung, krankhafter Zerstörung oder bei angeborenem Mangel der Geruchsnerven fehlt die spezifische Empfindung der Nase; die unheilbare angeborene Taubheit der taubstummen Kinder namentlich beruht oft auf Entartung oder Mangel der Hörnerven; — Durchschneidung der Zungenschlundkopfnerven hat den Verlust des Geschmackes zur Folge, ist aber an sich ebenfalls durchaus schmerzlos.

Wir können demnach unter den peripherischen Nervenfasern, die vom Centralnervensysteme ausgehen, drei Klassen wesentlich verschiedener Funktionen unterscheiden. Die einen vermitteln die Empfindungen, welche auf das allgemeine Gefühl einwirken, ihre Reizung bedingt stets einen gewissen Schmerz, der je nach dem Grade der Reizung sich steigert, es sind dies die sensiblen oder fühlenden Nervenfasern.

Die anderen bedingen ebenfalls Empfindungen; — die Richtung ihrer Thätigkeit geht ebenfalls von der Peripherie nach dem

Centrum; allein es sind nur spezifische Empfindungen, durch besondere Apparate vermittelt, welchen sie zugänglich sind: man nennt sie die sensuellen oder Sinnesnerven.

Die dritte Klasse endlich bedingt die willkürlichen Bewegungen; sie vermitteln die Zusammenziehungen der Muskeln: es sind die motorischen oder bewegenden Nervenfasern.

Die sensiblen wie die sensuellen Nervenfasern stimmen hinsichtlich ihrer Funktion darin mit einander überein, daß sie Empfindungen jeglicher Art von außen dem Gehirne zuleiten; die Tastempfindung, Licht, Schall, Geruch und Geschmack werden an einem gewissen Körpertheile aufgenommen und dem Centralorgane zugeleitet. Die Richtung der Thätigkeit dieser Nerven geht deßhalb von außen nach innen, von der Peripherie nach dem Centrum. Anders verhält es sich mit den motorischen Nervenfasern: diese nehmen keine Empfindungen auf; sie vermitteln aber die Leitung des Willens vom Gehirne aus zu den Muskeln; durch sie sind wir Herren unserer Bewegungen und befehlen gleichsam dieser oder jener Muskelfaser, sich zusammenzuziehen und so eine bestimmte Bewegung auszuführen, die wir beabsichtigen. Die Thätigkeitsrichtung dieser Nervenfasern geht somit von Innen nach Außen: die Leitung in den bewegenden Nerven ist centrifugal, die in den empfindenden Nerven centripetal.

Diese Ansicht geht auf die natürlichste und einfachste Weise als erste Schlußfolgerung aus den Versuchen und Beobachtungen hervor.

Berücksichtigt man aber weitere Verhältnisse und namentlich die Resultate, welche aus der elektrischen Untersuchung der Nerven hervorgehen, so findet man, daß dieser Unterschied zwischen centripetaler und centrifugaler Leitung nur scheinbar ist, nur in der Funktion hervortritt, nicht aber in dem Wesen der Primitivfasern begründet ist. Jede Primitivfaser leitet den Reiz, der sie trifft, nach beiden Seiten hin — die Wirkung hängt von den Organen ab, mit denen die Primitivfaser an beiden Enden in Verbindung steht. Die centripetal verlaufenden Reizungsschwin-

gungen, wenn ich mich so ausdrücken darf, finden nur an dem Gehirnende der empfindenden Fasern Nervenelemente, welche die Reizung dem Bewußtsein mittheilen; im Muskelnerven finden sie dieselben nicht und gehen verloren. Umgekehrt finden die centrifugal verlaufenden Reizungsschwingungen nur im peripherischen Ende des Muskelnerven ein Organ, den Muskel, der durch Zusammenziehung den Reiz beantwortet — im Empfindungsnerven geht diese Reizungsschwingung spurlos verloren, aus Mangel eines Organes, das sie aufnimmt. Die spezifische Funktionsverschiedenheit aller Nervenfasern liegt demnach nicht in ihnen selbst, sondern in den beiden Endpunkten, centralem wie peripherischem, zwischen denen sie ausgespannt sind. Für den gewöhnlichen Gebrauch ist aber die eben gegebene Unterscheidung nichts desto weniger wichtig, da sie unmittelbar die Verschiedenheit dieser Endpunkte angiebt.

Die Resultate, welche aus den Versuchen über die Nervenwurzeln hervorgehen, erhalten sich für den ganzen Verlauf einer jeden einzelnen Primitivröhre. So wie eine jede derselben während ihres ganzen Verlaufes anatomisch vollkommen isolirt ist, so ist sie es auch in funktioneller Hinsicht. Nur diejenigen Primitivröhren, welche von einem Reize getroffen werden, reagiren darauf in der ihnen eigenthümlichen Weise, und die übrigen, welche neben ihnen in demselben Nervenbündel liegen, nehmen auf keine Weise an dieser Reaktion Antheil. Die Reaktion bleibt aber auch dieselbe, ob man nun die Primitivröhre an ihrem Austritte aus dem Rückenmark in der Wurzel, im Stamme oder in der Nähe ihres peripherischen Endes angreife; das Resultat bleibt dasselbe, die auf die Reizung erfolgende Reaktion des Nerven in seiner eigenthümlichen Weise durch Schmerz, Sinnesempfindung oder Bewegung findet auf der ganzen Länge des Verlaufes statt.

Jede Primitivröhre eines peripherischen Nerven bildet demnach eine in sich isolirte Leitungsröhre, die von ihrem Endbezirk bis zu ihrem Eintritte in das Centralorgan dieselbe Funktion beibehält.

Aus dieser Isolirung einer jeden einzelnen Primitivröhre in ihrem peripherischen Verlaufe läßt sich zugleich durch physiologische Versuche ermitteln, welches eigentlich die Verbreitungsbezirke jeder einzelnen Gruppe von Primitivröhren seien, die in einem Nervenbündel zusammengefaßt sich nicht mehr anatomisch verfolgen lassen. Viele Nerven entstehen aus Geflechten, sogenannten Plexus, die auf die Weise erzeugt werden, daß mehrere Nervenbündel sich zu einem Stamme vereinigen, welcher später sich aufs Neue verzweigt. Die Verfolgung des Weges, den die einzelnen Primitivröhren in diesen Geflechten durch den Stamm hindurch bis in die Aeste nehmen, ist dann dadurch möglich, daß man aus der Reaktion an verschiedenen Stellen auf die Fortsetzung der Röhren in dem Zwischenraume schließt. Man hat auf diese Weise gefunden, daß der Weg mancher Fasern äußerst complizirt ist, und daß namentlich durch die Geflechte des sympathischen Nervensystemes hindurch einzelne Primitivröhren oft einen Verbreitungsbezirk finden, den man ihnen ihrem Ursprunge nach nicht zutrauen sollte. Die Untersuchung des Verbreitungsbezirkes der einzelnen Nerven ist demnach eine wichtige Aufgabe für die Physiologie, und die Feststellung dieses Verbreitungsbezirkes und damit auch der Wirkung des Nerven selbst ist nicht nur an sich, sondern auch in ihren Folgen für Medizin und Chirurgie äußerst einflußreich. In physiologischer Hinsicht kann es zwar am Ende ziemlich gleichgültig sein, ob die Nervenfasern, welche ein paar Muskeln des Fußes in Bewegung setzen oder das Gefühl eines Stückes Haut vermitteln, diesem oder jenem Stamme sich zugesellen; — für den Arzt aber, der aus vorhandenen Schmerzen, aus abnormen Bewegungen, aus Lähmung einzelner Theile auf krankhafte Veränderungen zurückschließen soll, die vielleicht an einer ganz anderen Stelle des Körpers ihren Sitz haben, ist dieser Gegenstand von der höchsten Wichtigkeit. Nicht minder vergrößert sich das Interesse an den Funktionen der einzelnen Nerven für den Physiologen, wenn diese Verbreitungsbezirke auf solche Apparate fallen, welche zu den größeren Prozessen des Lebens, zu Athmung, Blutlauf,

Verdauung eine bestimmte Beziehung haben. In dieser Hinsicht sind besonders einige Hirnnerven interessant, von deren Funktionen wir hier eine kurze Skizze geben wollen.

Der dreigetheilte Nerve oder das fünfte Hirnnervenpaar ist, wie oben bemerkt wurde, ein gemischter Nerve, der aus zwei Wurzeln, einer großen, vorzugsweise empfindlichen, und einer kleinen, nur motorischen Wurzel entspringt. Ein großes Ganglion, der sogenannte Gasser'sche Knoten, ist vorzugsweise an der größeren sensitiven Wurzel ausgebildet, so daß die Struktur des Nerven im Ganzen der eines Rückenmarksnerven ziemlich ähnlich sieht. Mittelst eines eigenen kleinen Instrumentes gelingt es bei Kaninchen und jungen Hunden, wo die Schädelwandungen nicht allzu fest sind, ziemlich leicht, ohne Verletzung anderer Theile den Nerven innerhalb der Schädelhöhle vollständig zu durchschneiden und so seine Funktion gänzlich aufzuheben. Die Erscheinungen, welche dieser Operation folgen, stimmen gänzlich mit den Symptomen überein, welche sich bei Menschen fanden, deren dreigetheilter Nerve durch irgend eine Ursache gelähmt war. Der Nerve ist vorzugsweise der Empfindungsnerve des Gesichtes. Man kann sagen, daß nach seiner Lähmung die ganze Hälfte des Vorderkopfes, zu welcher sich der Nerv verzweigt, empfindungslos geworden ist. Die Stirn- und Wangenhaut, die innere Schleimhaut der Nase und der ganzen Mundhöhle sind durchaus unempfindlich. Man kann mit einer Nadel in die Wange, in die Zunge, in die Nase stechen, ohne daß der Kranke die mindeste Empfindung davon hat. Ja man kann mit der Nadel oder einem Stückchen Papier auf dem geöffneten Auge oder unter den Augenliedern herumkratzen, ohne daß der mindeste Schmerz erzeugt wird. Diese Empfindungslosigkeit hat mancherlei Erscheinungen im Gefolge. Trinkt ein Kranker, dessen Nerv auf der einen Seite gelähmt ist, so kömmt es ihm vor, als ob aus dem Glase auf der entsprechenden Seite ein Stück ausgebrochen sei; kaut er, so scheint der Bissen, welcher auf die empfindungslose Seite der Zunge und der Zähne kommt, aus dem Munde gefallen. Oft auch zerbeißt der Kranke seine Zunge

auf der leidenden Seite, weil ihn keine Schmerzempfindung benachrichtigt, daß dieselbe unter die Zähne gekommen sei. Da zugleich die Kaumuskeln, welche von der kleinen Wurzel des dreigetheilten Nerven versorgt werden, auf der entsprechenden Seite gelähmt sind, so gewöhnt sich der Kranke nach und nach, nur auf der gesunden Seite zu kauen. Auch die Absonderungen sind auf der kranken Seite gestört. Die Bindehaut des Auges, die nicht mehr so ausgiebig von der Thränenflüssigkeit benetzt wird, erscheint trocken, wie die Schleimhaut der entsprechenden Nasenhöhle, und in Folge dieser Trockenheit entstehen leicht Entzündungen, Schorfbildungen, die bis zu eiteriger Zerstörung des Auges fortgehen können.

Dem dreigetheilten Nerven gerade entgegengesetzt ist in seiner Wirkung der Antlitznerv oder das siebente Nervenpaar. Dieser ist der Bewegungsnerv des Gesichtes: er bedingt den mimischen Ausdruck, das die Empfindungen begleitende Mienenspiel. Nach seiner Lähmung, die man zuweilen auf Universitäten in Folge einer richtig geführten steilen Quarte zu beobachten Gelegenheit hat, hängen die Muskeln der entsprechenden Seite schlaff herab, die Augenlieder müssen mit den Fingern geöffnet werden, und aus dem gelähmten Mundwinkel fallen leicht Speisen und Getränke heraus. Dauert die Lähmung länger an, so wird allmählich das Gesicht auf die gesunde Seite gezogen, da die gelähmten Muskeln der kranken Seite nicht mehr denen der entgegengesetzten Gesichtshälfte das Gleichgewicht halten.

Eines der merkwürdigsten Nervenpaare hinsichtlich seiner Vertheilung im Körper ist das zehnte oder herumschweifende Paar. Es entspringt weit hinten an dem verlängerten Marke, mit einer Menge von Fasern, die großen Theils fühlend und nur sehr wenig motorisch sind. Gleich nach seinem Ursprunge aber nimmt es den größten Theil der Fasern des rein motorischen elften Paares, des Beinerven, auf, und läuft nun an dem Halse zur Seite der großen Halsschlagader herab. Der äußere Gehörgang, ein Theil des weichen Gaumens, der Schlundkopf, Schlund und Magen, Kehlkopf, Luftröhre, Lungen und

Herz werden nun von den Zweigen der so vereinigten Nerven versehen, und somit stehen auch die Funktionen der Ernährung und Verdauung, der Athmung und des Kreislaufes, welche zum Theil an die genannten Organe gebunden sind, mit dem herumschweifenden Nerven in nächstem Zusammenhange. Durch seine Verbindung mit dem Beinerven ist der herumschweifende Nerv zugleich ein gemischter geworden, und steht nun in wesentlicher Beziehung zu den Bewegungen sowohl als auch zu den Empfindungen.

Die Durchschneidung des herumschweifenden Nerven ist ungemein schmerzhaft; die Thiere schreien laut auf, sind aber hernach unempfindlich an den von ihm versorgten Theilen. Kitzeln des Kehlkopfes, der inneren Fläche der Luftröhre, was sonst Husten hervorbringt, hat keine Wirkung. Der untere Theil der Speiseröhre ist gelähmt; — durch Niederschlucken bringen die Thiere Speisen und Flüssigkeiten bis etwa in die halbe Länge des Schlundes, wo sie liegen bleiben, den gelähmten Schlund ausdehnen und endlich durch Erbrechen wieder herauf befördert werden. Man sieht so operirte Hunde Tage lang sich abquälen, indem sie das Erbrochene stets wieder auffressen, hinabschlucken und von Neuem erbrechen. Hat man eine künstliche Magenöffnung vorher gemacht, so daß man in dieses Organ hineinschauen kann, so findet man, daß die Magenbewegungen nicht verändert sind, daß dagegen die Absonderung des Magensaftes längere Zeit nach der Durchschneidung des herumschweifenden Nerven deßhalb geringer wird, weil gar keine Flüssigkeit zum Ersatz der Absonderungen in das Blut gelangt. Spritzt man Wasser in den Magen, so wird dieses vollkommen aufgesaugt und gleich darauf stellt sich die Absonderung des Magensaftes und die Verdauung in normaler Weise ein. Die Erscheinungen, welche man nach der Durchschneidung der herumschweifenden Nerven an dem Magen beobachtet, hängen deßhalb weder von dem Aufhören der Magenbewegungen, noch von dem Aufhören der Magensaftabsonderung und einer dadurch bedingten Verdauungsstörung ab : sie sind einzig Folge des gehinderten Ein-

strömens von Flüssigkeit in den Magen, und sind deßhalb auch ganz den Erscheinungen ähnlich, die man bei längerem Durſten beobachtet. Die Bewegungen des Herzens werden zitternd, unregelmäßig und nehmen bedeutend an Zahl zu, da, wie wir später sehen werden, der Nerv in einem eigenthümlichen Antagonismus zu dem sympathischen Nerven steht und seine Reizung den Stillstand des Herzens bewirkt. Indeß ist der Einfluß der Durchschneidung auf die Herzbewegungen nicht so bedeutend, daß man hierin eine wesentliche Ursache zur Veränderung des Gesundheitszustandes finden könnte. So wie die Empfindungen des Kehlkopfes vernichtet sind nach Durchschneidung des herumschweifenden Nerven, so zeigen sich auch die für die Athmung so wichtigen Bewegungen des Kehlkopfes aufgehoben. Die Stimmbänder, welche die Stimmritze öffnen und schließen, fallen zusammen und werden bei der Einathmung durch den Druck der einströmenden Luft zugedrückt, wie die Klappen eines Ventiles; das Thier ist stimmlos, es sucht vergebens zu schreien; nur durch tiefe, heftige Einathmungen kann es etwas Luft durch die zugeklappte Stimmritze pressen; allein die Athemnoth wird stets größer und größer, und wenn man nicht durch Eröffnung der Luftröhre unterhalb des Kehlkopfes der Luft Zutritt gestattet, so stirbt das Thier, wenn es jünger ist, unausbleiblich an Erstickung. Allein auch in diesem Falle, wo man eine künstliche Luftröhrenöffnung unter dem Kehlkopfe anlegt und in Folge dessen das Thier länger am Leben bleibt, sinken die Athemzüge bedeutend an Zahl, sie sind tief und mühevoll und man bemerkt, daß die so veränderten Athembewegungen dem Respirationsbedürfniß nicht Genüge thun.

Wenn nun nach Durchschneidung beider herumschweifenden Nerven die Thiere apathisch werden, in großer Athemnoth sich befinden, die stets mehr und mehr zunimmt; wenn die nackten Theile der Haut, welche sonst röthlich gefärbt sind, bläulich werden, und so Zeugniß ablegen von der unvollständigen Oxydation des Blutes; wenn endlich die Thiere unter Zunahme dieser Erscheinungen zu Grunde gehen: so sieht der vorurtheils-

freie Beobachter gleich, daß hier nicht, wie man früher behauptete, ein direkter Einfluß des herumschweifenden Nerven auf die Ernährung und die Athmung, sondern nur ein indirekter besteht, der von mehreren combinirten Ursachen abhängt. Die Lähmung der Stimmritze und des Kehldeckels bringt zwar ein Zusammenfallen dieser Theile hervor; allein bei älteren Thieren bleibt beständig der hintere Theil der Stimmritze noch offen, so daß der Luftzutritt zwar beschränkt, aber nicht gänzlich aufgehoben wird. Jüngere Thiere dagegen, bei welchen dieser Unterschied zwischen dem stets offen bleibenden hinteren Theile, der sogenannten Athemritze, und der durch die Stimmbänder sich gänzlich schließenden vorderen eigentlichen Stimmritze nicht existirt und die ganze Stimmritze durch Lähmung sich schließt, starben sehr bald an Erstickung. Bei älteren Thieren, die, wenn auch mit Athemnoth, länger leben, fallen durch diesen geöffneten Theil der Stimmritze beständig Theile der Nahrung und hinabgeschluckte Flüssigkeiten in die Luftröhre und dringen bis in die Lungen vor. Nach dem Tode findet man partielle Entzündungen und Entartungen der Lunge, eine schleimige, mit Blut und ausgeschwitzter Flüssigkeit vermischte Masse in den Luftwegen, und oft kann man nachweisen, daß diese Entzündungen offenbar von den eingedrungenen fremden Körpern herrühren und so den Tod beschleunigt haben. Allein die Thiere gehen auch zu Grunde, wenn man die Luftröhre öffnet, und durch Einführung einer nach außen hervorstehenden Röhre das Eindringen fremder Körper in die Luftwege verhindert. In diesem Falle fehlen auch die erwähnten Entzündungserscheinungen in der Lunge, und dennoch sterben die Thiere. Daraus hat man denn den Schluß ableiten wollen: der herumschweifende Nerve wirke direkt auf den Chemismus der Athmung ein. Die Versuche an Thieren, welchen man eine Magenfistel angelegt hatte, weisen aber deutlich auf die Todesursache hin. Ein Thier, dem beide herumschweifende Nerven durchschnitten sind, befindet sich ganz in derselben Lage, wie ein Thier, das weder Speise noch Trank erhält, das im eigentlichsten Sinne verhungert und verdurstet. Dieser Zustand

wird noch verschlimmert durch den Eingriff der Operation, die vermehrte Athemnoth, die Lähmung der Halstheile, und so darf es denn wohl nicht Wunder nehmen, wenn die Thiere in kurzer Frist nach dieser Operation an Krankheitserscheinungen zu Grunde gehen, die aus diesen verschiedenen Ursachen hervorgehend sich combiniren.

Während sich in dem herumschweifenden Nerven ein Beispiel darbietet, wie die mannichfachsten Funktionen verschiedener Theile, Empfindung und Bewegung in einen einzigen Stamm zusammengefaßt werden können, so zeigt im Gegentheile der Nervenapparat der Zunge, des Gaumens und Schlundkopfes eine Zersplitterung der einzelnen Funktionen, die um so lehrreicher ist, als die Funktionen selbst in hohem Grade entwickelt sind. Die Zunge ist eines der beweglichsten Organe des Körpers, die Feinheit des Gefühles in der Zungenspitze namentlich ist größer als an allen übrigen Theilen; die hinteren Theile der Zunge endlich sind der Sitz einer spezifischen Empfindung: des Geschmackes, der auch im Rachen und dem Anfange des Schlundkopfes sich verbreitet zeigt. Jede dieser Funktionen ist an einen bestimmten Nerven gebunden: die Bewegung an den Zungenfleischnerv, den letzten der Gehirnnerven; die Empfindung an einen besonderen Ast des fünften Paares oder des dreigetheilten Nerven; die Geschmacksempfindung an das neunte Nervenpaar, den Zungenschlundkopfnerven oder Glossopharyngeus. Die Durchschneidung der Zungenfleischnerven lähmt alle Bewegungen der Zunge; diese hängt schlaff aus dem Munde hervor, kommt bei jeder Kaubewegung zwischen die Zähne und wird von diesen zerfleischt, ohne daß das Thier sie zurückziehen könnte; die Verwundungen der Zunge sind deßhalb nicht minder schmerzhaft für dasselbe, jeder Nadelstich erregt Schmerz, und indem das Thier seine gelähmte Zunge zerbeißt, heult es laut vor Schmerz. Nach der Durchschneidung der Zungenäste des fünften Paares ist vollständige Unempfindlichkeit eingetreten. Man kann das sonst so empfindliche Organ mit einer glühenden Nadel durchstoßen, ohne daß die Thiere es fühlen; die Nahrungs-

mittel, welche auf der Zunge liegen, bleiben unbemerkt. Die Bewegungen der Zunge sind in voller Integrität vorhanden, ebenso die Geschmacksempfindungen. Berührung der Zunge mit bitteren Substanzen ruft die heftigsten Bewegungen des Abscheus und Ekels hervor, und dasselbe Thier, dem man die Zunge zerfleischen kann, ohne daß es Schmerz empfindet, duldet nicht die Berührung mit einem in bittere Coloquintentinktur getauchten Stäbchen. Die Durchschneidung der Zungenschlundkopfnerven endlich bedingt den Verlust des Geschmackes. Das Thier bewegt die Zunge nach wie vor, es empfindet mit derselben Schärfe jede mechanische Berührung, jeden chemischen Reiz; es frißt aber in bittere Substanzen getauchtes Fleisch, es säuft Coloquintentinktur, wie wenn man ihm reines Wasser vorgestellt hätte, während unmittelbar vor der Operation es den größten Abscheu davor zu erkennen gab.

Die verschiedenen Funktionen der Zunge: Bewegung, Gefühl und Sinnesempfindung (Geschmack) sind demnach an durchaus verschiedene Nervenstämme gewiesen, die auch in ihren Wurzeln durchaus von einander isolirt sind.

Der so eben angeführten Schlußfolgerung ist von vielen Forschern namentlich aus dem Grunde widersprochen worden, weil der Zungenschlundkopfnerve sich nur in den hinteren Theilen der Zunge, des Rachens und des Gaumens verbreite, während die Zungenspitze doch ebenfalls Geschmacksempfindung besitze, und nur Nerven vom Zungenaste des fünften Paares enthalte. Wir wollen schon zugeben, sagte man, daß der Zungenschlundkopfnerve gewisse Geschmacksarten, wie namentlich Bitterkeiten, unterscheidet; allein gewisse andere Empfindungen, sauer, salzig u. s. w. werden sicher von dem fünften Paare empfunden, und dieses hat demnach ohne Zweifel sowohl allgemeines Gefühl, als auch Antheil an der Geschmacksempfindung. Die spezifische Sinnesempfindung ist demnach an der Zunge zwischen zwei verschiedene Nerven vertheilt.

Es hängt die Entscheidung dieser Frage mehr von theoretischen, als von thatsächlichen Gesichtspunkten und namentlich

von der Art ab, wie man die Begriffe der Sinnesempfindungen überhaupt abgränzt. Wir haben oben eine Klasse von Primitivfasern als fühlende (sensible) abgeschieden, deren allgemeine Eigenschaft darin besteht, daß sie auf jede tiefer eingreifende Reizung durch Schmerz reagiren. Es wäre aber thöricht, wenn man behaupten wollte, diese sensiblen Nervenfasern seien nun durchaus einander so gleich, daß, abgesehen von der Lokalisation ihrer Thätigkeit, man keinen anderen Unterschied zwischen ihnen entdecken könnte. Das Wollustgefühl ist nicht gleich mit dem Tastgefühl der Finger; der dumpfe Schmerz, den Knochenverletzungen mit sich führen, der entmannende Schmerz, welcher Nervenwunden der Genitalien begleitet, sind nicht gleich mit dem Schmerze, den man im Zahne oder in der Wange leidet. Die Qualität der Reaktion ist mithin in jeder Nervenfaser eine eigenthümliche, und die Qualität der Empfindung, welche sie besitzt, ist nicht minder eigenthümlich. Wir werden bei genauerer Betrachtung des Tastgefühles und der Sinnesempfindungen sehen, daß auch die Qualität der Reaktion wie der Empfindung wesentlich verschieden ist in den verschiedenen Primitivfasern, und daß somit ein weiter Spielraum für Modifikation der durch sie bedingten Erscheinungen übrig bleibt.

Halten wir nun an dem Grundsatze fest, nur diejenigen Nerven spezifische Sinnesnerven zu nennen, welche auf Verletzung nicht durch Schmerz, sondern durch eine andere spezifische Empfindung reagiren, so ist der Zungenast des fünften Nervenpaares unzweifelhaft kein Sinnesnerv. Seine Durchschneidung ist äußerst schmerzhaft; seine Lähmung, die man beim Menschen schon öfter beobachtet hat, bedingt nur Aufhebung des Gefühles, nicht aber die des Geschmackes. Die anerkannten Sinnesnerven aber sind nie schmerzhaft. Man hat den Geruchsnerven, den Sehnerven, den Hörnerven unzählige Male bei Thieren durchschnitten, ohne die mindeste Schmerzesäußerung zu sehen; man hat den Sehnerven häufig bei Ausrottung des Augapfels durchschnitten und man weiß, daß die Operirten im Augenblicke der Durchschneidung ein Feuermeer zu sehen glaubten, aber keinen

Schmerz empfanden; daß bei Reizung des Nervenstumpfes beim Verbande oder durch Entzündungen Lichterscheinungen auftraten, aber keine Schmerzempfindung. Man hat noch nicht gehört, daß bei Reizungen des Zungenastes vom fünften Paare Geschmacksempfindungen als Reaktion verspürt worden wären.

Die Empfindungen des Sauren und Salzigen an der Zungenspitze können indeß in der That nicht geläugnet werden, wenn man auch gerade die Erkenntniß dieser Geschmäcke zu hoch angeschlagen hat. Es ist wahrlich unmöglich, mit geschlossenen Augen bei herausgestreckter Zungenspitze und Betupfen derselben mit Salz oder Zuckerlösung den Geschmack beider zu unterscheiden: beide erregen eine gewisse Empfindung, die man nicht genau zu bezeichnen weiß, die auch in etwas verschieden ist; aber dennoch nicht so sehr verschieden sich zeigt, als es der Geschmack der genannten Körper ist. Bedenkt man nun, daß die Zungenspitze der empfindlichste Theil des menschlichen Körpers ist, so löst sich diese Erscheinung auf die befriedigendste Weise. Das Tastgefühl unserer Finger läßt uns sehr wohl unterscheiden, ob wir in Wasser oder in Oel greifen, während uns am Rücken diese Unterscheidung unmöglich ist; Tasteindrücke, die für einen Ungeübten ununterscheidbar sind, werden von einem Geübten noch sehr wohl in ihrer Verschiedenheit aufgefaßt. Ein Blinder, welcher den fehlenden Sinn theilweise durch Uebung seines Tastsinnes zu ersetzen sucht, kann es unglaublich weit in dieser Verfeinerung seines Tastgefühles bringen. Die Zungenspitze verhält sich aber zu dem Finger, etwa wie der Finger des geübten Blinden zu demjenigen des ungeübten Sehenden. Wo unser Finger keinen Unterschied mehr tastet, da fühlt ihn die Zungenspitze noch heraus, und was wir so als Geschmacksempfindung der Zungenspitze bezeichnen, ist nur eine verfeinerte Tastempfindung, die sich aber bald mit der Geschmacksempfindung mischt und deßhalb mit derselben zusammen geworfen wird. Bei anderen Sinnen ist man schon längst über diese unwillkürlichen Verwechslungen im Klaren; Jedermann legt dem flüchtigen Salmiakgeist z. B. einen stechenden Geruch bei, während man bei

genauerer Analyse findet, daß dieses Stechen nur eine Tastempfindung ist, bedingt durch die Anätzung der Schleimhaut mittelst des kaustischen Ammoniaks. Salzige, saure Substanzen, Lösungen von verschiedenem Concentrationsgrad, die einen endosmotischen Strom auf der Zunge erregen, bedingen eine eigenthümliche Tastempfindung, die dann mit der später erfolgenden Sinnesempfindung zusammengeworfen wird. Bei der Analyse der einzelnen Sinnesempfindungen wird es nöthig sein, noch näher auf die hier berührten Punkte einzugehen.

Wir haben in den vorstehenden Zeilen die direkten Einflüsse und Reaktionen derjenigen Nerven untersucht, welche von den Centralorganen, Hirn und Rückenmark entspringen; es wird nicht unwichtig sein, auch auf einige indirekte Folgen der Aufhebung des Nerveneinflusses einzugehen, welche theilweise mit anderen Funktionen in Zusammenhang stehen.

Nach der Durchschneidung des fünften Nervenpaares, die man am besten mittelst eines eigenen Instrumentes bei Kaninchen in der Schädelhöhle vornimmt, zeigt sich die Empfindung des Antlitzes durchaus vernichtet. Das Auge, obgleich es sieht, und sich nach wie vor bewegt, ist durchaus unempfindlich gegen mechanische Reizung; man kann den Augapfel mit Nadeln stechen oder kratzen, ohne daß sich die geringste Schmerzesäußerung zeigt. Nach einiger Zeit beginnen nun Entzündungserscheinungen in dem Auge, die zuerst in der Hornhaut auftreten. Diese trübt sich mehr und mehr, die Bindehaut entzündet sich, das Auge schwillt an, wird roth, die Trübung der Hornhaut nimmt zu, sie wulstet sich auf, ein eiterndes Geschwür entsteht in ihrer Mitte, das endlich durchbricht und das Auge zerstört, indem meist die inneren Augentheile auslaufen. Aehnliche, wenn auch nicht so heftige krankhafte Erscheinungen zeigen sich in den übrigen, der Sensibilität beraubten Theilen. Die Nasenschleimhaut entzündet sich, wulstet sich auf; die Haare der Backe fallen aus; jede, selbst kleinere Verletzung bildet ein bösartiges, fressendes Geschwür; kurz der ganze Ernährungsprozeß der gelähmten Stellen scheint zu leiden.

Ist es nun erlaubt, aus diesen Erscheinungen den Schluß zu ziehen, daß die Cerebrospinalnerven überhaupt einen direkten Einfluß auf die Ernährung der Theile haben? Zur Beantwortung dieser Frage müssen wir uns noch weiter nach Thatsachen umsehen.

Die Störungen der Ernährungserscheinungen, welche man nach Durchschneidung der betreffenden Rückenmarksnerven, an gelähmten Gliedern z. B., beobachtet, sind bei weitem nicht constant genug, um irgend einen sicheren Schluß auf die Nerventhätigkeit in dieser Hinsicht zu gestatten. Zwar beobachtet man häufig an Fröschen, daß nach der Durchschneidung der Hüftnerven der gelähmte Schenkel nicht nur abmagert, sondern daß auch die Oberhaut sich abstößt, Schimmel sich auf der Oberfläche des Gliedes erzeugt, und selbst brandige Zerstörung eintritt. In anderen Fällen fehlen aber diese Erscheinungen ganz, oder stellen sich auch, je nach der Behandlung und anderen noch weniger gekannten Einflüssen, bei gesunden Fröschen ein. Säugethiere, denen man den Hüftnerven durchschnitten und so das Bein gelähmt hat, laufen sich den Fuß auf und erzeugen dadurch Geschwüre, die oft bis auf den Knochen greifen: die Haare reiben sich ab, die Nägel entarten häufig, das ganze Glied erscheint welk und abgemagert.

Aehnliche Erscheinungen hat man zuweilen auch bei gelähmten Gliedern von Menschen beobachtet. Nicht selten ist die Durchschneidung ganzer Nervenstämme bei Ausrottung von Geschwülsten unvermeidlich. Man hat in solchen Fällen an dem gelähmten Fuße Geschwürsbildungen und später zuweilen sogar Verkrümmung und Klumpfußbildung beobachtet. Auch sind die Fälle nicht selten, wo das Rückgrat gebrochen und das Rückenmark an der Bruchstelle zerquetscht wird, so daß die unteren Extremitäten in Empfindung und Bewegung gelähmt werden. Ist der Bruch tief unten geschehen, so daß die Athembewegungen nicht beeinträchtigt sind, so kann die Verletzung, der Nervenbruch, geheilt und der Kranke am Leben erhalten, nicht aber von den Folgen der Rückenmarksverletzung befreit werden.

Solche Unglückliche fühlen meist Kälte an den bewegungs- und empfindungslosen Extremitäten, wenn diese nicht sehr sorgfältig eingewickelt und künstlich gewärmt werden; die Haut wird borstig, schlaff, das bloße anhaltende Liegen auf einer und derselben Seite bedingt schon, wie jede andere noch so kleine Verletzung, bösartige fressende Geschwüre, die fast nicht zum Heilen zu bringen sind — die ganze Constitution der gelähmten Glieder hat nicht mehr die frühere Widerstandskraft gegen schädliche Einflüsse.

Es hält um so schwieriger, diese Erscheinungen genauer zu analysiren, als sie nur allmählich sich einstellen, und vielleicht mit der successiven Desorganisation der Nervenröhren selbst und anderen Nebenbedingungen zusammenhängen. Einen unmittelbaren Einfluß der Nerven auf die Ernährung beobachtet man niemals. Der Blutlauf in einem Froschschenkel ändert sich durchaus nicht nach der Durchschneidung der Hüftnerven. Man sieht weder Ausschwitzung, noch Blutstockung, noch irgend andere materielle Folgen. Wie ist es nun möglich, die genaueren Beziehungen von Erscheinungen herzustellen, die erst Wochen lang nach dem erfolgten Eingriffe auftreten, die selbst in ihrem inneren Wesen so ungemein wechseln und zu deren Auftreten die mannichfaltigsten Ursachen mitwirken können?

Dem sympathischen Nervensysteme wurde besonders von jeher der wesentlichste Einfluß auf das vegetative Leben überhaupt zugeschrieben. Hier häufen sich aber die Schwierigkeiten der experimentellen Untersuchung in weit bedeutenderem Maße, als bei den aus Hirn und Rückenmark entspringenden Nerven. Das Gewirr der Nervengeflechte, die häufige Einschaltung von Knoten und Ganglien, die Zersplitterung in feine Zweige, die nur mit größter Mühe verfolgt werden können, die tiefe Lage zwischen Eingeweiden und Blutgefäßen, die Unkenntniß des Verlaufes der einzelnen Primitivröhren: alle diese Verhältnisse zusammengenommen stellen den Versuchen an lebenden Thieren, die einzig maßgebend sein können, so bedeutende Schwierigkeiten

entgegen, daß noch jetzt dieselben nur zum geringen Theile überwunden sind.

Man hat zum Behufe genauerer Untersuchung des Verlaufes der Primitivröhren innerhalb des sympathischen Nervensystemes vorzugsweise solche Versuche an Thieren benutzt, an denen man gewisse Stränge durchschnitten hatte. Die Primitivröhren entarten nämlich nach dieser Durchschneidung. Schon nach einigen Tagen sieht man in dem Markinhalte Querlinien, die bis zur gänzlichen Gerinnung und Umwandlung in trübe Massen und schwärzliche Kügelchen fortschreiten. Noch ein Jahr lang nach der Operation findet man diese entarteten Primitivröhren, die allmählich verschwinden, während, wenn der Nerve wieder heilt, sich neue Primitivröhren bilden, die im Anfange weit schmaler und blasser sind, als die des alten Nerven. Nun hat man die Beobachtung gemacht, daß merkwürdiger Weise bei den Bewegungsnerven die Entartung in derselben Richtung fortschreitet, in welcher die Leitung in ihnen Statt findet, nämlich von dem Centrum nach der Peripherie, während in den Gefühlsnerven Leitung und Desorganisation von der Peripherie nach dem Centrum sich fortsetzen. Schneidet man die hintere Wurzel eines Rückenmarksnerven durch, so desorganisiren sich die empfindenden Hautnerven nicht, wohl aber das Stück Wurzel, welches mit dem Rückenmarke zusammenhängt. Zerstört man die vordere bewegende Wurzel, so werden alle Muskelnerven desorganisirt, während das mit dem Rückenmarke zusammenhängende Wurzelstück normal bleibt. Will man demnach den Verlauf gewisser Primitivröhren kennen lernen, so braucht man nur nach solchen Nervendurchschneidungen die entarteten Primitivröhren in entsprechender Richtung aufzusuchen. Dies hat man mit dem Gangliensysteme versucht, ist aber hier auf eine Schwierigkeit gestoßen, über welche die Beobachter sich noch nicht geeinigt haben. Nach den Einen verhalten sich die Ganglien wie Centralorgane, indem die mit den Ganglien verbunden bleibenden Nervenenden nicht entarten, während dies Schicksal die von dem Ganglion abgetrennten peripherischen Enden trifft.

Nach andern Beobachtern dagegen üben die Ganglien durchaus keinen Einfluß auf den Weg der Desorganisation aus und erweist das Fortschreiten der Desorganisation den Satz: daß alle in dem sympathischen Nervensysteme enthaltenen Primitivröhren nur von dem Centralnervensysteme entspringen. Weitere Untersuchungen werden diese Widersprüche wohl dahin lösen, daß man für jeden Knoten ein besonderes Verhalten antrifft, welches in der Struktur desselben begründet ist. Der Leser, welcher sich erinnert, daß es unipolare und bipolare Ganglienkugeln giebt, wird es wohl begreiflich finden, daß die von unipolaren Ganglien entspringenden Primitivröhren auch nur zu dem Ganglion in Beziehung stehen, während Ganglien mit bipolaren Kugeln den Zusammenhang mit dem Rückenmarke nicht unterbrechen.

Die genaue Lösung dieser Frage ist deßhalb von Wichtigkeit, weil man noch immer über die Selbstständigkeit des sympathischen Nervensystemes nicht vollständig im Klaren ist. Früher glaubte man freilich eine vollständige Verschiedenheit der Funktionen annehmen zu können. Man hielt die Organe, zu welchen sich die Nervenfasern des sympathischen Systemes begeben, für vollkommen unempfindlich. Man wußte, daß ihre Bewegung dem Willen entzogen sei, allein man vergaß, daß hinsichtlich der Empfindlichkeit nur der Grad einen Unterschied machte. Ein Stäubchen, welches zwischen den Augenliedern die heftigsten Schmerzen und Thränenfluß verursacht, erregt auf der Haut keine Empfindung. Ein leiser Eingriff auf den Darmkanal wird ebenfalls nicht empfunden, weil eben hinsichtlich des Grades der Empfindlichkeit ein ähnlicher Unterschied zwischen dem Darme und der Haut Statt findet, wie zwischen dieser und den Augenliedern. Stärkere Eingriffe und länger andauernde erregen allerdings deutliche Schmerzempfindungen in den von dem sympathischen Nervensystem versorgten Theilen, und in krankhaften Zuständen, wie z. B. in Entzündungen, können sich diese Empfindungen bis zur furchtbarsten Höhe steigern. Wenn also ein Unterschied Statt findet, so beruht er einestheils in der Be-

schaffenheit des Organes, an welchem die Nerven sich verzweigen, anderentheils in der Schnelligkeit der Leitung, die allerdings in dem sympathischen Nervensysteme nicht so groß zu sein scheint. Aehnlich verhält es sich auch mit den Bewegungen der inneren Organe. Sie sind sicher dem direkten Willen entzogen, und wenn man die zu ihnen gehenden sympathischen Nerven reizt, so folgt die Bewegung nicht augenblicklich, wie in den willkürlichen Muskeln, sondern erst nach einiger Zeit und dann auch, wie wir später sehen werden, in eigenthümlicher Weise.

Die eigenthümliche Umspinnung der Blutgefäße durch Fäden des sympathischen Nervensystemes deutet gewiß auf einen näheren Zusammenhang desselben mit der Cirkulation hin. Daß dieser Zusammenhang nicht in einer direkten Wechselwirkung zwischen Blut und Nerveninhalt bestehen könne, braucht nicht weiter bewiesen zu werden; daß der Chemismus der Ernährung und Absonderung dadurch direkt nicht betheiligt werden könne, ist ebenfalls mehr als gewiß. Man hat diesen Einfluß auf die Absonderung durch Versuche erhärten wollen, die man an den Nierenarterien anstellte. Man schnitt einem lebenden Thiere den Bauch auf, drang bis zur Nierenarterie vor und schnürte diese mittelst einer angelegten Ligatur auf das heftigste zusammen. Man suchte auf diese Weise die organischen Nerven, welche die Nierengefäße umspinnen, zu tödten, und nachdem man diesen Zweck erreicht zu haben glaubte, so löste man die Ligatur wieder, um den Blutlauf herzustellen. Andere Beobachter schnitten selbst die Arterie ganz durch und setzten eine Kanüle ein, durch welche der Blutlauf unterhalten wurde. Die Thiere überlebten die Operation nicht lange Zeit; man fand meist bei der Section die Capillaren der Nieren stark ausgedehnt, Blutstockung und selbst Erweichung im Nierengewebe; der nach der Operation gelassene Harn, wenn ja welcher noch in seltenen Fällen abgesondert wurde, war blutig und enthielt meistens Eiweiß und Hippursäure. Wenn man weiß, wie außerordentlich leicht die Urinsekretion durch äußere Einflüsse modifizirt wird; wie schnell sie durch Veränderung der Nahrung eine andere chemische Zusammensetzung

erhält und wie sehr sie deßhalb nach bedeutenden Verletzungen verändert sein muß, wo das Thier gar nicht frißt und Wundfieber hat; wenn man sich ferner erinnert, daß eine mit aller Macht zugeschnürte Ligatur, welche stark genug angezogen wurde, um die Nerven zu ertödten, auch die innere Haut der Arterie zerreißen und dadurch den Blutumlauf in derselben hindern mußte; wenn man endlich bedenkt, daß der operative Eingriff, welcher zur Anstellung des Versuches nöthig ist, stets so bedeutend war, daß er den Thieren in kurzer Zeit das Leben kostete; — wenn man all diese Umstände in Erwägung zieht, so erscheint es unbegreiflich, wie man auf solche Versuche den speziellen Schluß habe bauen können, die Nerven der Nierengefäße besäßen einen direkten Einfluß auf die Harnsekretion.

Ein indirekter Einfluß des sympathischen Nervensystemes auf die mit der Ernährung in Verbindung stehenden Prozesse kann dagegen gewiß nicht geläugnet werden, zumal da neuere Versuche einen weiteren Blick in dieses Gebiet gestatten. Schneidet man bei einem Thiere den Gränzstrang am Halse auf der einen Seite durch, so fangen augenblicklich die Schlagadern der entsprechenden Kopfhälfte stärker an zu schlagen, das Auge wird glänzender, die Wangenhaut praller, die durchsichtigen Theile röther und wärmer. Diese Wärmeerhöhung läßt sich nicht nur mit der Hand fühlen, auch das Thermometer zeigt sie an, indem es in dem äußeren Gehörgange oder der Nasenhöhle der operirten Kopfhälfte um drei oder vier Grade des 100theiligen Thermometers höher steigt, als in der anderen gesunden Hälfte. Die stürmischen Cirkulationserscheinungen verschwinden nach einiger Zeit; der Wärmeunterschied aber läßt sich selbst noch Monate lang nach der Operation wahrnehmen, und offenbar deutet er auf einen tieferen Einfluß des durchschnittenen Nerven auf die Ernährung hin, dessen genauere Analyse uns freilich vor der Hand noch entgeht.

Genauer schon sind die Einflüsse des sympathischen Nerven auf die verschiedenen unwillkürlich beweglichen Organe erforscht. Die Geflechte und Knoten, welche den unteren Theilen der

Wirbelsäule, dem Lenden- und Heiligbein entsprechen, stehen den Bewegungen des unteren Theiles des Darmes, der Harnwerkzeuge und Geschlechtstheile vor. Das Sonnengeflecht vermittelt die Zusammenziehungen des Dünndarmes; der Brusttheil des Gränzstranges und seiner Eingeweideäste diejenigen des Magens und Zwölffingerdarmes; der Halstheil übt seinen Einfluß auf das Herz, und der oberste Halsknoten noch außerdem auf die Pupille des Auges. Alle diese Ergebnisse der Untersuchung sind aber mehr oder weniger zweifelhaft und von Nebenumständen abhängig, die besonders aus der mannichfachen Verkettung der Ganglien und der Geflechte, sowie aus der Eigenthümlichkeit der Bewegungen selbst hervorgehen, indem diese nicht augenblicklich, sondern erst geraume Zeit nach der Reizung sich einstellen und oft von einem Organe zum anderen sich ohne genauer nachweisbare Ursache fortpflanzen. Die meisten Schwierigkeiten haben in dieser Beziehung die Pupille und das Herz gemacht, indem hier der Nerveneinfluß stets ein combinirter ist, der von verschiedenen Nerven abhängt.

Man kann sich durch die einfachste Beobachtung überzeugen, daß das Schwarze im Auge, das Sehloch oder die Pupille, je nach der Menge von Licht, welche in das Auge einströmt, seinen Durchmesser durch Zusammenziehung der Regenbogenhaut ändert. Bei größerer Lichtmenge zieht sich diese stärker zusammen, in der Dunkelheit dehnt sie sich weiter aus. Wir werden die Ursachen, aus denen diese Bewegungen in Folge des Lichtreizes entspringen, später untersuchen. Hier kommt es darauf an zu entscheiden, durch welche Nervenbahnen der Einfluß auf die Pupille Statt findet. Da hat es sich denn gezeigt, daß hier eine ähnliche Zersplitterung Statt findet, wie bei der Zunge, und daß die Erweiterung nicht eine passive, durch Nachlaß der Zusammenziehung bedingte sei, sondern eine aktive, durch eine andere Nervenbahn vermittelte. Die Schmerzempfindung der Regenbogenhaut bei Berührung wird durch das fünfte Nervenpaar geleitet; die Verengerung wird durch den gemeinschaftlichen Augenmuskelnerv, die Erweiterung dagegen durch den sympa-

thischen Nerven bewirkt. Diese Zersplitterung ist um so auffallender, als alle diese verschiedenen Nervenbahnen in einem einzigen Knoten, dem sogenannten Ciliarganglion, zusammen laufen, von welchem aus die Nervenäste in die Regenbogenhaut dringen. Der Ciliarknoten hat stets drei Wurzeln — vom dreigetheilten, vom Augenmuskel- und vom sympathischen Nerven je eine, und jede dieser Wurzeln hat eine durchaus verschiedene Funktion. Reizt man den Augenmuskelnerv, so zieht sich die Pupille zusammen; — schneidet man ihn durch, so ist sie in einem Zustande steter Erweiterung. Reizt man dagegen den sympathischen Nerven am Halse, so erweitert sich die Pupille augenblicklich, während sie nach Zerstörung des obersten Halsknotens in einem Zustande bleibender Verengerung sich befindet.

Schwieriger noch ist die Untersuchung der Nerveneinflüsse auf die Herzbewegung. Wir haben im ersten Briefe gesehen, wie regelmäßig in fortdauerndem Rhythmus an dem Herzen Erweiterung und Verengerung mit einander abwechseln. Durch Versuche an Thieren kann man sich leicht überzeugen, daß diese rhythmischen Bewegungen nicht von dem Zusammenhange des Herzens mit den Nerven abhängen, sondern auch dann noch fortdauern, wenn dieser Zusammenhang gänzlich aufgehoben ist. Das Herz eines Thieres klopft fort, selbst wenn man es aus dem Körper herausgeschnitten hat. Unter günstigen Umständen können an dem Herzen warmblütiger Thiere noch Stunden lang, an demjenigen kaltblütiger Thiere selbst Tage lang nach der Herausnahme Herzschläge beobachtet werden, die stets in derselben Weise, von der Vorkammer nach der Kammer zu erfolgen. Das rhythmische Spiel dieser Zusammenziehung scheint demnach eine selbstständige Quelle in dem Herzen selbst zu haben, eine Quelle unabhängig von dem mit dem Herzen in Verbindung stehenden Nerven, unabhängig von den Centralorganen, dem Hirne und dem Rückenmarke, mit welchem diese letztere in Verbindung stehen. Dies wäre wenigstens der erste Schluß, den man aus den angeführten Thatsachen herleiten könnte. Aber wir wissen aus eigener Erfahrung, daß unser Herzschlag auch

abhängig ist von den mannichfaltigsten Eindrücken, die unser centrales Nervensystem empfängt, daß es langsamer oder schneller schlägt, je nach verschiedenen Seelenstimmungen und Hirnerregungen, die ihm durch die Nerven zugeleitet werden. Die Anatomie lehrt uns, daß zwei verschiedene Nervenstämme dem Herzen Aeste zuleiten, daß die herumschweifenden Nerven mit den sympathischen Nerven Geflechte bilden, aus denen die Herznerven hervorgehen, die wieder in der Herzsubstanz selbst eine Menge von Geflechten und Knoten bilden, und namentlich in der Scheidewand des Herzens einige bedeutende Ansammlungen von Ganglien erzeugen. So entsteht denn natürlich die Frage nach den verschiedenen Wirkungen, welche diese beiden Nervenbahnen auf das Herz haben können. Der Versuch giebt hier die Antwort. Bringt man die Drähte eines Magnetelektromotors, durch welchen rasche elektrische Schläge ohne Aufhören ertheilt werden, an die Stämme der herumschweifenden Nerven, so steht der Herzschlag augenblicklich still; — das Herz selbst bleibt in der Erweiterung, in der Diastole; unterbricht man den Versuch, so fängt das Herz augenblicklich wieder an zu schlagen. Aber auch wenn man den Einfluß der Elektrizität über eine gewisse Zeit hinaus dauern läßt, so beginnt der Herzschlag ebenfalls wieder, wahrscheinlich wegen Erschöpfung der Leitungsfähigkeit. Die umgekehrte Wirkung tritt bei der Reizung des sympathischen Nerven ein; — die Herzschläge beschleunigen sich, kehren aber bei längerer Andauer des elektrischen Einflusses ebenfalls wieder auf das frühere Maaß zurück. Der herumschweifende Nerve ist demnach die Bahn, durch welche hemmende Einflüsse der Herzbewegung ihren Weg nehmen, während der sympathische Nerve die erregenden beschleunigenden Einflüsse leitet. Wem sollte es aber nicht auffallen, daß in demselben Nervenstamme, der die Beschleunigung und das krampfhafte Erzittern des Herzens bewirkt, auch diejenigen Fasern eingeschlossen sind, welche die Erweiterung der Pupille bedingen, so daß wir einen Schritt weiter gehen und vermuthen können, daß solche Erregungen des Centralnervensystemes, welche eine

Beschleunigung des Herzschlages bedingen, zugleich eine Erweiterung der Pupille und damit einen gewissen Gesichtsausdruck zur Folge haben.

Zugleich aber leiten uns diese Resultate auf eine weitere Combination. Die Herzbewegung ist ein nothwendiger Hebel des Fortbestandes des Lebens; sie mußte deßhalb in dem Organ selbst ihren Sitz und die Bedingungen ihrer Fortdauer haben. Aber zugleich ist eine gewisse Regulirung des Ganges dieser ewig arbeitenden Pumpe des vegetativen Lebens durch den Nerveneinfluß möglich und somit an gewisse Theile und Stellen des Centralnervensystemes gebunden. Reizungen des herumschweifenden Nerven, Reizungen der Hirntheile, aus welchen die entsprechenden Fasern entspringen, lähmen, hemmen unmittelbar die Herzbewegung, so daß bei heftigerer Reizung, wie durch den Magnetelektromotor, diese gänzlich stille steht. Aber dieser Stillstand kann nur eine gewisse Zeit andauern; hielte die Reizung und ihr lähmender Einfluß auch länger an, so würde dennoch der im Herzen selbst liegende Impuls ihn überwinden, das Herz wieder zu klopfen, das Leben wieder zu erwachen beginnen. Der gleiche Fall tritt ein bei Reizungen des sympathischen Nerven und der entsprechenden Hirntheile. Die stürmische Erregung des Herzschlages, die eine Folge dieser Reize ist, muß nach einiger Zeit, auch bei Fortdauer der Reizung, wieder der normalen Thätigkeit Platz machen. So ist denn eine gewisse Abhängigkeit in der Unabhängigkeit hergestellt und der Nerveneinfluß nur so weit gestattet, als er unmittelbar dem vegetativen Leben keinen Eintrag thut.

Zwölfter Brief.

Die Centraltheile des Nervensystemes.

Die Funktionen des Gehirnes und Rückenmarkes können unter zwei besondere Kategorien vertheilt werden. Eines Theils sind diese Organe der Sammelplatz sämmtlicher Primitivröhren, welche durch die einzelnen Nervenstämme in den Körper ausstrahlen; andern Theils aber zeigt schon die anatomische Betrachtung, daß noch andere Elemente zu diesen Primitivröhren der Nerven kommen, welchen verschiedene Funktionen zustehen müssen. Es giebt so Eigenschaften und Funktionen, welche dem Centralnervensystem als Sammelplatz der Sinnesnerven, der bewegenden und fühlenden Nervenfasern angehören — es giebt eine andere Klasse von Funktionen, welche in nicht so unmittelbarer Beziehung zu den Nerven stehen.

Eine jede Verletzung des Rückenmarkes, welche durchgreift, so daß die Continuität desselben gänzlich aufgehoben ist, hat auch eine vollkommene Vernichtung der willkürlichen Bewegungen und der Empfindungen in denjenigen Theilen zur Folge, welche von Nerven versorgt werden, die unterhalb der Verletzungsstelle abgehen. Ein Bruch der Wirbelsäule in der Mitte des Rückens z. B., bei welchem das Rückenmark gänzlich verquetscht ist, läßt sich leicht an der vollständigen Empfindungs- und Bewegungslosigkeit der Beine erkennen, von deren Existenz selbst der Verwundete kein Bewußtsein mehr hat, während die Arme, der obere Theil der Brust, deren Nerven oberhalb der Bruchstelle

abgehen, durchaus eben so empfindlich und beweglich geblieben sind, als sie vorher waren. In dieser Beziehung ist das Rückenmark demnach nur ein großer Nervenstamm, der alle sensibeln und bewegenden Primitivröhren in sich vereinigt, und die Erfahrung zeigt sogar, daß in seinem Inneren die einzelnen Röhren hinsichtlich ihrer bewegenden oder fühlenden Funktion noch eben so isolirt sind, als in den Nerven selbst. Schneidet man nämlich das Rückenmark durch, so zeigt sich, wie schon früher bemerkt, eine eigenthümliche anatomische Struktur desselben. Die weiße Substanz bildet die äußeren Rindenschichten; während die graue Substanz in der Mitte aufgehäuft ist und nach oben wie unten zwei Schenkel aussendet, so daß ein solcher Durchschnitt die graue Substanz etwa wie ein liegendes Kreuz erscheinen läßt. Ein senkrechter Spalt dringt von dem Rücken her in die Mittellinie ein zwischen die beiden oberen Schenkel des liegenden Kreuzes, und theilt auf diese Weise die an der Rückenseite aufgehäufte weiße Masse in zwei Hälften; ein ähnlicher Spalt findet sich auf der Bauchfläche des Rückenmarkes zwischen den beiden unteren Schenkeln der grauen Substanz. So ist der Zusammenhang zwischen der weißen Substanz beider Seiten, links und rechts, fast gänzlich durch diese Spalten aufgehoben und es ist beinahe nur die graue, im Centrum angehäufte Substanz, welche den Zusammenhang der beiden seitlichen Hälften des Rückenmarkes vermittelt.

Betrachtet man nun das Verhältniß der austretenden Nervenwurzeln zu diesen Abtheilungen des Rückenmarkes, welche sich der ganzen Länge nach fortsetzen, so erkennt man, daß die vorderen Wurzeln mit den vorderen Schenkeln der grauen Substanz, die hinteren, mit einem Ganglion versehenen, mit den hinteren Schenkeln des grauen Kreuzes zusammenhängen, daß sie aber diese erst erreichen, nachdem sie in schiefer Richtung die weiße Substanz, welche überall die äußere ist, durchsetzt haben. Man kann demnach eben so wohl, wie man vordere und hintere Nervenwurzeln unterscheidet, auch in dem Rückenmark nach einer durch seine Axe gelegten Vertikalebene (wenn man den Menschen

aufrecht stehend sich denkt) eine vordere und hintere Hälfte unterscheiden, und man findet dann leicht durch sorgfältige Experimente, daß dieselbe funktionelle Trennung, welche in den Nervenwurzeln sich zeigt, auch in den entsprechenden Hälften des Rückenmarkes sich fortpflanzt, und daß die vordere oder Bauchhälfte desselben durchaus nur motorisch, die hintere oder Rückenseite nur empfindend ist. Ich habe die auf diesen Satz bezüglichen Experimente sehr häufig anstellen und wiederholen sehen, und ich kann wahrlich sagen, daß kein Satz in der ganzen Nervenphysiologie mir klarer durch Thatsachen bewiesen scheint, als gerade dieser. Man sticht ein spitzes, dünnes zweischneidiges Messerchen, es genau horizontal haltend, quer durch das blosgelegte Rückenmark eines Hundes, der auf dem Bauche liegt; bewegt man nun das Messer nach unten, die dort befindliche vordere Rückenmarkshälfte durchschneidend, so treten successive Zuckungen, und nach gänzlicher Durchschneidung des Rückenmarkes vollständige Bewegungslosigkeit der hinteren Extremitäten ein, ohne daß der Hund das geringste Zeichen von Schmerz gäbe. Kneipt man die Extremität nach vollendeter Durchschneidung der vorderen Rückenmarkshälfte, so schreit der Hund auf und giebt eben so lebhafte Schmerzensäußerungen, als vor der Durchschneidung.

Hebt man dagegen das Messerchen, statt es zu senken, und schneidet man die obere Rückenmarkshälfte von innen aus nach oben gegen den Rücken hin allmählich durch, so giebt das Thier anfangs, wenn man noch kaum über die Mittellinie gekommen ist, keine Schmerzensäußerung. Sobald aber das Messer in der Höhe ankommt, wo die beiden schiefen Schenkel von der grauen Centralmasse abgehen, so schreit das Thier erbärmlich und hört nicht eher auf, als bis die ganze hintere Hälfte des Markes vollständig getrennt ist. Bei einiger Aufmerksamkeit auf den Zug und die Haltung des Messers bemerkt man sogar, daß die weiße Substanz, welche die oberen grauen Schenkel umhüllt, fast gänzlich unempfindlich ist, und daß die lebhaften Schmerzensäußerungen erst dann beginnen, wenn das Messer in den grauen Schenkel selbst eindringt. Bei schiefer Richtung des Messers

kann man auf diese Weise sämmtliche, unterhalb der beiden hinteren, dem Rücken zugewandten Schenkel der grauen Substanz gelegene Masse durchschneiden, ohne daß Schmerzensäußerungen sich zeigen.

Je weiter nach oben man das Rückenmark zerstört und seinen Zusammenhang mit dem Gehirn aufhebt, desto mehr Theile des Körpers werden gelähmt und desto störender für die nothwendigen Funktionen des Körpers werden diese Lähmungen, da die Muskeln des Stammes, des Bauches sowohl als noch mehr die der Brust, einen wesentlichen Antheil an den Respirationsbewegungen haben. Wird das Rückenmark endlich in der Nähe des verlängerten Markes, an der oberen Gränze der Halsnerven durchschnitten, so sind alle Brustmuskeln, das Zwerchfell und der größte Theil der Halsmuskeln gelähmt. Trotz dieser Lähmung aber dauert das Spiel der Athemzüge noch fort in den oberen Theilen des Halses und im Gesichte. Die Nasenlöcher werden abwechselnd weit geöffnet und geschlossen; die Kiefer klappen zusammen in regelmäßigen Intervallen, das Thier schnappt förmlich nach Luft, etwa wie wenn ihm der untere Theil der Luftröhre zugeschnürt wäre. Man hat Beispiele an Gehängten beobachtet, und ich selbst bin Zeuge gewesen, daß ein Selbstmörder, statt die Luftröhre sich zuzuschnüren, die Schlinge nur an dem Kinne angelegt hatte, so daß er beim Herabspringen vom Stuhle, auf den er sich gestellt, das Kinn sich gewaltsam in die Höhe zog und den Nacken einknickte. Die Wirbelsäule war auf diese Weise zwischen dem ersten und zweiten Halswirbel verrenkt und das Rückenmark dort zerquetscht worden. Der Kopf des Unglücklichen lebte und athmete noch mehrere Stunden fort, und die Anstrengungen, die er machte, zeigten, daß das Athembedürfniß noch vorhanden war, aber durch ein unübersteigliches Hinderniß nicht befriedigt werden konnte.

Die Herzbewegungen nehmen in gleichem Maße an Intensität und an Zahl ab, wie die Athembewegungen durch das Zerstören des Rückenmarkes schwächer und unvollständiger werden. Bei dem engen Zusammenhange, in welchem Herzschlag und

Athmung zu einander stehen, kann dies Verhältniß nicht befremden. Daß die Verlangsamung des Herzschlages in der That großen Theils von dieser Connexion herrühre, beweist der Umstand, daß bei Einleitung der künstlichen Respiration mittelst eines doppelten Blasebalges der Herzschlag wieder bedeutend sich hebt und sehr lange noch erhalten werden kann. Es scheint indeß, als ob diese Verlangsamung des Herzschlages nicht einzig von derjenigen der Athmung abhinge. Denn beim Reizen des blosgelegten Rückenmarkes erhält man zuweilen eine Beschleunigung des Herzschlages, ohne daß dieselbe mit dem Athmen zusammenhinge, und es scheint demnach, als ob das Rückenmark auch einigen, wenn auch unbedeutenden direkten Einfluß auf das Herz habe. Jedenfalls ist dieser Einfluß bei den höher stehenden Thieren bedeutender, als z. B. bei Fröschen, welche man nach vollständiger Zerstörung des Rückenmarkes Monate lang am Leben erhalten kann, während welcher Zeit der Blutlauf und der Herzschlag durchaus unverändert bleiben.

An dem verlängerten Marke finden sich dieselben Erscheinungen wieder, wie an dem Rückenmarke, allein außerdem findet sich hier eine nicht sehr umfangreiche Stelle, von deren Erhaltung das Athembedürfniß und mithin das Leben des Thieres abhängt. Wir haben eben gesehen, daß ersteres vollständig bestehen bleibt, wie hoch oben man auch das Rückenmark am Halse zerstören möge; es ist nicht minder leicht nachzuweisen, daß die Abtragung sämmtlicher Hirntheile, welche vor dieser Stelle liegen, nur einzelne Theile am Kopfe lähmt, die an der Respiration Antheil nehmen, während die Athembewegungen des Halses und Rumpfes ungestört fortdauern. Man kann so durch schrittweises Abtragen der Centralorgane von vorn nach hinten oder von hinten nach vorn bis zu einem kleinen Punkte vorrücken, welcher die Bedingung des Athmens in sich trägt. Führt man einen Schnitt quer vor dem verlängerten Mark so durch, daß dieser Punkt mit dem Rückenmarke zusammenhängt, so spielen die respiratorischen Muskeln des Stammes; im entgegengesetzten Falle diejenigen des Kopfes. Die Zerstörung dieses kleinen

Punktes, der bei Kaninchen z. B. eine Länge von höchstens drei Linien besitzt, hat, so wie bei keinem andern Theile des Centralnervensystemes, den unmittelbaren Tod zur Folge. Das Thier stürzt wie vom Blitze getroffen zusammen, und es zeigt sich keine Spur mehr von Athembewegung. Es ist dieser Punkt, den man zu erreichen sucht, wenn man einem Thiere den Genickfang giebt. Merkwürdiger Weise behält dieser für das Leben so wichtige Theil, dessen Zerstörung mit solcher Schnelligkeit das Leben endet, auch am längsten seine Erregbarkeit, so daß man durch seine Reizung oft noch Athembewegungen erzielen kann, wenn die übrigen Centraltheile keine Bewegung mehr hervorzurufen im Stande sind.

In derselben Gegend des verlängerten Markes, in welcher die Centralstelle der Athmung sich findet, liegt auch diejenige des Herzschlages, und beide Stellen sind so eng verbunden, daß man sie bei den Versuchen an lebenden Thieren bis jetzt noch nicht zu trennen vermochte, obgleich andere Erfahrungen nachweisen, daß beide in gewisser Beziehung unabhängig sind. Bringt man die Drähte eines Magnetelektromotors an das verlängerte Mark, so steht der Herzschlag augenblicklich still. Man beobachtet dieselbe Wirkung, wie bei der gleichartigen Erregung des herumschweifenden Nerven. Anlegen der Drähte weiter nach unten hin an dem oberen Theile des Rückenmarks beschleunigt dagegen den Herzschlag. So begreift es sich denn, daß die Trennung des verlängerten Markes durch den Genickfang, indem sie gleichzeitig Athmung und Herzschlag aufhebt, den unmittelbaren Tod zur Folge haben muß.

Es hält schwer, bei den so schnellen tödtlichen Wirkungen einer Verletzung des verlängerten Markes, die Beziehung desselben zu den empfindenden und bewegenden Nervenfasern zu bestimmen; es scheint indeß, als ob auch hier die vorderen Stränge hauptsächlich der Bewegung bestimmt und die hinteren vorzugsweise empfindlich seien. Ein anatomisches Verhältniß des vorderen Theiles des verlängerten Markes verdient indessen noch eine besondere Erwähnung. Die Fasern der weißen Substanz

kreuzen sich nämlich hier in der Art, daß diejenigen Primitivröhren, welche im Rückenmarke und dem verlängerten Marke auf der linken Seite verliefen, nun nach rechts hinübergehen, während die von der rechten Seite nach links überschlagen. Aus dieser Kreuzung der Nervenfasern folgt dann das merkwürdige Verhältniß, daß Verletzungen des Gehirnes, wobei empfindende oder bewegende Fasern zerstört werden, stets von Lähmungen der entgegengesetzten Seite im Körper gefolgt werden, während wie natürlich die Lähmungen in denjenigen Theilen, deren Nerven direkt vom Gehirne ausgehen, auf der Seite der Verletzung auftreten. Man hat nicht so ganz selten Gelegenheit, Menschen zu beobachten, bei welchen die linke Gesichtshälfte gelähmt ist, so daß das linke Augenlied nicht gehoben werden kann, der Mund nach rechts verzogen wird, und wo zugleich der rechte Arm und der rechte Fuß bewegungslos und dem Einflusse des Willens entzogen sind. Solche Erscheinungen beweisen Aufhebung der Thätigkeit des Antlitznerven der linken Seite, Lähmung der Körpernerven auf der rechten Seite : sie führen dadurch auf die nothwendige Folge, daß eine Verletzung des Gehirnes auf der linken Seite vorhanden ist, welche, vermöge der im verlängerten Marke Statt findenden Kreuzung, die rechte Körperseite gelähmt hat. Diese Kreuzung ist, wie man sich leicht denken kann, von der größten Wichtigkeit für den Arzt, da er ohne ihre spezielle Kenntniß stets den Sitz einer im Gehirne sich entwickelnden Krankheit verkennen würde. Blutansammlungen in Folge von Schlagflüssen, Eiterbälge, Geschwülste im Gehirne verrathen ihren Sitz meist nur durch solche gekreuzte Lähmungen, und wenn auch in den meisten Fällen die örtliche Behandlung nur wenigen Einfluß üben kann, so giebt es dennoch einzelne Krankheiten, in welchen es von der höchsten Wichtigkeit für das Leben des Kranken sein muß, den genaueren Sitz des Uebels zu erkennen. Gar oft können oberflächliche Eiter- oder Blutansammlungen, welche das Gehirn zusammendrücken, durch die Trepanation entleert und dadurch der Kranke oder Verwundete geheilt werden.

Die verschiedenen Theile des Gehirnes zeigen sich in ihrem Verhalten zu den Empfindungen und Bewegungen sehr verschieden. Ehe noch die Versuche an lebenden Thieren über diese Verhältnisse aufgeklärt hatten, war es den älteren Chirurgen schon aufgefallen, daß man bei durchdringenden Kopfwunden, wo die Hemisphären des großen Gehirnes blosgelegt waren, letzteres berühren, ja sogar Stücke davon wegnehmen konnte, ohne daß der geringste Schmerz empfunden wurde. Man konnte diese Erscheinungen nicht durch die öfter eintretende Besinnungslosigkeit erklären, da viele Verwundete das Bewußtsein gar nicht verloren und recht gut empfanden, wenn man die Haut ihres Kopfes berührte, während die Verletzung oder Reizung ihres großen Gehirnes durchaus nicht zu dem Bewußtsein gelangte. Die Experimentalphysiologie hat diese Beziehungen in so weit aufgeklärt, daß wir ziemlich bestimmt von den gröberen anatomischen Theilen angeben können, welche derselben unempfindlich, welche dagegen empfindlich sind, und es stellt sich hier als allgemeines Gesetz heraus: daß der Hirnstamm in seinem ganzen Verlaufe empfindlich, sämmtliche Gewölbtheile aber unempfindlich sind. Die Hemisphären des großen Gehirnes, die sämmtlichen über den großen Hirnhöhlen gelegenen Theile, die Gewölbtheile der Vierhügel über dem Kanale derselben, die Gewölbtheile des kleinen Gehirnes erscheinen alle durchaus unempfindlich; man kann sie bei lebenden Thieren, deren Schädel man geöffnet hat, auf die grausamste Weise zerfleischen, ohne die geringste Schmerzensäußerung hervorzurufen. Dagegen sind die zum Hirnstamme gehörigen Ausstrahlungen, welche nach dem kleinen Gehirne, den Vierhügeln und dem großen Gehirne gehen und die man mit dem allgemeinen Namen der Hirnschenkel belegt, die Sehhügel und die hinteren Theile der gestreiften Körper, die einzelnen grauen Knoten, die man in dem hinteren Theile des Hirnstammes findet, alle im höchsten Grade empfindlich, und die Thiere stoßen bei ihrer Berührung die jämmerlichsten Schreie aus.

Es bestätigen diese von allen Forschern in übereinstimmender Weise gewonnenen Resultate die anatomische Annahme : daß die einzelnen Primitivröhren der peripherischen Nerven aus den grauen Knoten des Hirnstammes entspringen, und daß die Nervenmasse, welche die Gewölbtheile bildet, in keinem direkten Zusammenhange mit den peripherischen Nerven steht. Wir haben in dem vorigen Briefe gesehen, daß der allgemeine Charakter aller Nervenprimitivröhren darin besteht, daß ihre Funktion in ihrem ganzen Verlaufe gleichartig ist; wollte man annehmen, daß die sensiblen Primitivröhren bis in die Gewölbtheile des Gehirnes gelangen, so wäre damit auch nothwendig der Schluß gesetzt, daß sie dort ihre Funktion ändern und einen andern Charakter annehmen müssen. Man könnte nicht behaupten, daß diese Funktion mit dem Eintreten der Primitivröhren in das centrale Nervensystem geändert werde; denn das Experiment weist nach, daß im ganzen Rückenmarke, im ganzen Hirnstamme eine solche Veränderung ihrer Funktion nicht existirt, sondern daß diese im Gegentheil wohl erhalten bleibt; diese Veränderung der Funktion müßte erst bei dem Eintritte in die Gewölbtheile entstehen. Eine solche Annahme hat nicht nur keinen vernünftigen Grund für sich, sondern auch das Ergebniß der anatomischen Untersuchung gegen sich, wonach die Wurzelfasern der peripherischen Nerven sich nicht weiter, als bis in die grauen Kerne des Hirnstammes verfolgen lassen.

In diesem eigenthümlichen Verhältniß der leitenden Nervenröhren zu den Centralorganen liegt der Grund einer eigenthümlichen Täuschung, welcher wir namentlich bei den Tast- und Schmerzensempfindungen unterworfen sind. Die Erregung, welche durch irgend einen Anstoß dem peripherischen Ende einer nach dem Centralorgane leitenden Nervenfaser mitgetheilt wird, leitet sich in dieser bis zu dem Gehirne fort und wird dort von dem Bewußtsein als lokal beschränkte Empfindung aufgefaßt. Gewisse Fasern im Gehirne müssen demnach stets einer gewissen Lokalität an der Peripherie entsprechen, ihre Erregung, mag dieselbe nun von außen her mitgetheilt, oder durch irgend eine innere Ursache

erzeugt werden, muß in dem Bewußtsein sich in Gestalt einer lokal beschränkten peripherischen Empfindung reflektiren. Hieraus folgt denn, daß auch diejenigen Einwirkungen, welche eine centripetal leitende Nervenfaser nicht an ihrem peripherischen Ende, sondern an irgend einer beliebigen Stelle ihres Laufes treffen, von der dadurch erregten Hirnfaser als Empfindung des peripherischen Endes aufgefaßt werden, wodurch eine wahrhafte Sinnestäuschung entsteht. Man erlaube mir einen Vergleich. Es existiren zwei Telegraphenbureaus, von denen das eine A das peripherische Ende, das andere B das Centralorgan, der dazwischen ausgespannte Draht den leitenden Nerven darstellt. Jeder elektrische Strom, der sich in der Richtung von A nach B bewegt, wird von dem Telegraphisten in B als von dem peripherischen Ende in A kommend aufgefaßt werden, und wenn ohne sein Wissen in der Mitte des Drahtes ein Strom erzeugt, ein neues Bureau errichtet wird, so wird er dessen Mittheilung als von B kommend auffassen müssen. Ganz das Aehnliche findet bei der Auffassung der Empfindung in dem Gehirne Statt, nur daß hier die durch die Organisation selbst bedingte Auffassung so übermächtig ist, daß die Täuschung selbst im Widerstreite mit dem allgemeinen Bewußtsein, das aus vielen anderen Sinnesempfindungen hervorgeht, dennoch ihre Geltung behauptet. Man glaubte früher, daß diese Auffassung in einer eigenthümlichen Struktur der Nerven-Primitivröhren beruhe, weßhalb man es als das Gesetz der peripherischen Reaktion bezeichnete; man hat aber jetzt, bei genauerer Untersuchung, diese Uebertragung der Reizung, welche eine Primitivfaser irgendwo in ihrem Laufe trifft, auf ihr peripherisches Ende, dem Centralorgane vindiciren müssen.

Es ist dies Gesetz für die Beurtheilung der Schmerzen namentlich, welche in peripherischen Organen auftreten, von der höchsten Wichtigkeit. Jedermann weiß schon aus seiner eigenen Erfahrung, daß ein Stoß auf den Ellenbogen an dem Orte, wo der Stamm des Ellenbogennerven über den Knochen läuft, eine äußerst schmerzhafte Empfindung in den äußeren Theilen der

Hand, dem Ringfinger und kleinen Finger erregt, daß unleidliches Prickeln, Ameisenlaufen und ähnliche Erscheinungen in der Hand und dem Vorderarme einer solchen Verletzung folgen. Ist ja doch diese Erfahrung so häufig, daß man im gemeinen Leben diese Stelle mit dem Namen des „Hochzeitsknöchelchens“ belegt! Es kann hier Jeder das Gesetz der peripherischen Reaktion der Nerven ohne weiteren Schaden durch das Experiment prüfen. In ungemein vielen ähnlichen Fällen überzeugt man sich von der durchgreifenden Gültigkeit dieses Gesetzes. Bei einer Amputation des Oberschenkels z. B. fühlt der Kranke den Schmerz des Hautschnittes genau an der richtigen Stelle; es werden hier die peripherischen Enden der Hautnerven durchschnitten. Im Momente aber, wo das Messer den Schenkelnerven trennt, glaubt der Verwundete einen heftigen Schmerz in den Zehen, dem Fuße, der Wade zu empfinden, und diese Empfindung ist so gewaltig, ihre Oertlichkeit so unmittelbar angegeben, daß sie über das Bewußtsein des Kranken vollkommen obsiegt. Dieser, der sehr gut weiß, daß man ihm den Nerven des Oberschenkels durchschneidet und nicht den Fuß brennt, empfindet doch im Momente der Durchschneidung einen augenblicklichen Schmerz, wie wenn man ihm den Fuß mit einem glühenden Eisen durchstäche.

Von Seiten des Arztes gehört die größte Vorsicht dazu, um gehörig bestimmen zu können, wo die erregende Ursache eines Schmerzes zu finden sei, der in einem peripherischen Organe auftritt. Der Laie wundert sich oft, warum bei einem bestimmt umschriebenen Schmerze das scheinbar kranke Organ durchaus unberücksichtigt gelassen wird und die Wirkungen der Ableitungsmittel auf ganz andere Punkte gerichtet werden, die ihm vollkommen gesund erscheinen. Die medizinischen Annalen sind mit Beobachtungen von den grausamsten Behandlungsfehlern erfüllt, welche in der Nichtbeachtung dieses einfachen Gesetzes ihren Grund haben, und um zu beweisen, wie leicht der Irrthum und wie fruchtlos die Behandlung ist, die auf dies Gesetz nicht Acht hat, möge folgender, aus den Annalen der englischen Chirurgie entnommener Fall genügen. Ein junges Mädchen leidet an den

heftigsten Schmerzen im Knie, die keiner örtlichen Behandlung weichen wollen. Das Knie selbst erscheint vollkommen gesund; der Nervenschmerz ist aber so heftig, daß nach einigen Jahren einer durch ihn verbitterten Existenz die Kranke flehentlich um Ablösung des Fußes bittet. Das Bein wird über dem Knie amputirt, aber durchaus ohne allen Erfolg, die Schmerzen wurden nach wie vor in dem jetzt entfernten Knie empfunden. Man amputirt den Schenkel zum zweiten Male höher oben — die Schmerzen bleiben. Die Kranke wird einer dritten Operation unterworfen, in welcher man den Oberschenkel aus der Pfanne des Hüftgelenkes ausschneidet — der Erfolg ist nicht glänzender. Die Gemarterte stirbt endlich und bei der Sektion zeigen sich einige knöcherne Plättchen in den Durchgangslöchern der Nerven, wodurch die Wurzeln derselben gereizt wurden. Hier war also der Reiz in der Nähe des Ursprunges der Nerven; seine Folge, der Schmerz, trat in dem peripherischen Verbreitungsbezirk des Nerven am Knie auf, und alle örtliche Behandlung des schmerzenden Theiles, ja selbst seine Entfernung, konnte natürlicher Weise keinen Erfolg haben.

Aus dem hier angeführten Falle schon geht hervor, daß man sogar Schmerzen in Gliedern fühlen kann, welche verloren gegangen sind, eben weil die verstümmelten Nerven stets noch die Reize, von welchen sie betroffen werden, auf die ihnen fehlende peripherische Endigung übertragen. Aus diesem Gefühle geht dann die Erscheinung hervor, daß Amputirte, so lange sie leben, stets das Gefühl der Extremität haben, die ihnen fehlt, und selbst 20 und 30 Jahre nach der Operation, nachdem sie sich längst an den Verlust des Gliedes gewöhnt haben, diejenigen Gefühle, welche den Stumpf betreffen, auf das verlorene Glied übertragen. Entzündungen, Verletzungen des Stumpfes werden in dem Fuße oder der Hand schmerzhaft empfunden, und selbst ganz gesunde Leute können trotz der handgreiflichen Ueberzeugung sich dieser Integrirung ihres fehlenden Gliedes nicht entschlagen und begehen in unbewachten Augenblicken Handlungen, welche darauf hindeuten, daß sie sich noch im Besitze ihrer Ex-

tremität fühlen. Sie bedecken sorgfältig im Bette den Ort, wo der fehlende Fuß liegen würde; springen, plötzlich aufgeschreckt, in die Höhe, als könnten sie auf beide Beine sich stützen, und fallen dann zur Erde nieder; greifen mit dem Stumpfe des Armes nach Gegenständen, als ob sie dieselben mit der fehlenden Hand fassen wollten, und ähnliche Erscheinungen mehr. Wie sehr diese Integritätsgefühle der Amputirten in der Organisation der Nerven begründet sind, beweisen auch die Träume solcher Verstümmelten. Anfangs, in den ersten Jahren nach der Operation, träumen sich die Individuen durchaus gesund, unverletzt; Leute, welche das Bein verloren haben, gehen in ihren Träumen auf zwei gesunden Beinen einher. Allmählich aber mischt sich das Bewußtsein der Verstümmelung in die Traumvorstellungen: der Mensch besitzt zwar seinen Arm, sein Bein noch, aber er kann sich ihrer nicht bedienen und schleppt das Glied als unnütze Last mit sich. Es mag wohl wenige Invaliden geben, die alt genug werden, um sich so verstümmelt zu träumen, als sie wirklich sind; aber auch in diesem Falle, wo bei den subjektiven Vorstellungen die Erinnerung an ihr früher besessenes Gut verloren gegangen ist, selbst in diesen Fällen tritt bei objektiven Verletzungen des Stumpfes das Integritätsgefühl hervor und der Invalide, der sich auf Krücken träumte, fühlt bei Entzündung des Stumpfes Schmerzen in den peripherischen Theilen seines verstümmelten Gliedes.

Die neuere Chirurgie, welche sich theilweise zur Aufgabe gesetzt hat, verlorene Theile zu ersetzen, hat schon manche merkwürdige Resultate in Hinsicht der Lokalisation der Empfindungen geliefert. Verloren gegangene Nasen werden nach den neueren Operationsmethoden in der Weise ersetzt, daß man auf der Stirn ein dreieckiges Stück Haut ausschneidet, welches nur an der Nasenwurzel durch eine Brücke mit der übrigen Haut in Zusammenhang bleibt. Den auf diese Weise gebildeten Lappen dreht man um und heftet ihn an die wundgeschnittenen Ränder der zerstörten Nase an. Die neue Nase ist demnach aus der Stirnhaut gebildet und fühlt sich als Stirnhaut so lange, als die Brücke noch be-

steht, welche man an der Nasenwurzel zu dem Endzwecke gelassen hatte, um die Ernährung des Lappens zu unterhalten. Diese Brücke wird durchschnitten, sobald der Lappen auf den Seiten angeheilt ist und seine Ernährung von der Wange aus geschehen kann. Unmittelbar nach dieser Durchschneidung ist der Lappen durchaus gefühllos; nach einiger Zeit aber stellt sich allmählich mehr und mehr die Empfindung wieder her, und in den meisten Fällen fühlt sich der Lappen dann nicht mehr als Stirn, sondern eben als Nase. Es giebt indessen auch Fälle, und man hat vergessen, auf diese Gewicht zu legen, in welchen die neue Nase stets ein mehr oder minder dumpfes Gefühl hat, wie wenn sie noch in der Stirn läge. Bei einem Operirten, dessen Brücke seit neun Wochen durchschnitten war, hatte sich dies Gefühl auf der einen Seite der neuen Nase sehr deutlich erhalten. Einige dort befindliche Erhabenheiten wurden mit Kantharidensalbe betupft, und jedesmal klagte der Kranke über Schmerz, deutlichen Schmerz an derjenigen Stirnstelle, wo früher der betupfte Ort sich befand.

Hier hängt es offenbar von dem centralen Punkte ab, welchen die neugebildeten Nervenfasern erreichen, ob die Empfindung auf die Stirne oder auf die Nase lokalisirt wird. Der von der Stirne auf die Nase verpflanzte Hautlappen fühlt sich als Stirn, so lange seine Nervenverbindung mittelst der Brücke an der Nasenwurzel noch existirt. Er ist gefühllos nach deren Durchschneidung, weil alle seine Nerven durchschnitten sind. Bilden sich neue Nervenfasern in ihm, welche mit den Nervenstämmen der Wange und durch diese mit den Lokalfasern der Wange im Gehirn, wenn ich mich so ausdrücken darf, in Verbindung treten, so fühlt der Hautlappen sich als Nase; tritt aber die Vereinigung der neugebildeten Nervenröhren so ein, daß die Fasern der Stirnnerven die Leitung übernehmen, so wird der Hautlappen sich als Stirne fühlen. Wir kommen somit durch alle diese Untersuchungen nothwendig zu dem Schlusse, daß in dem Bereiche des empfindenden Nervenapparates sich drei verschiedene Gruppen von Fasern befinden: die einen, welche

die Leitung von der Peripherie her vermitteln; die anderen, welche innerhalb des Centralorganes die lokale Empfindung erzeugen; die dritten endlich, welche in dem allgemeinen Bewußtsein diese lokale Empfindung verarbeiten. Jede dieser Nervengruppen, für sich angeregt, mag die ihnen entsprechende Empfindung erzeugen, und manche Krankheitserscheinungen können hierin ihre Erklärung finden. Die herumziehenden Schmerzen der Hysterischen und Hypochonder, die beständig den Ort wechseln, ohne daß eine lokale Veränderung vorhanden sei, beruhen sicherlich auf krankhaften Erregungen der empfindenden Nervengruppen, die in dem Centralorgane Statt finden.

Die Resultate der Versuche hinsichtlich der Bewegung sind nicht so genau und überzeugend, als diejenigen, welche sich auf die Sensibilität beziehen. Es sind hier zwei Reihen von Thatsachen wohl zu unterscheiden, welche man wohl mit den Namen der direkten und indirekten Lähmung bezeichnen könnte. Während die Beobachter einzig nur der letzteren ihre Aufmerksamkeit zuneigten, vernachlässigten sie die Erscheinungen der ersteren durchaus. Ich will mich deutlicher ausdrücken. Wenn man eine motorische Primitivröhre reizt, so ziehen sich diejenigen Muskeln zusammen, zu welchen sie sich begiebt. Reizt man einen Theil des Rückenmarkes, den man isolirt hat, um den später zu besprechenden mitgetheilten Bewegungen zu entgehen, so bewegen sich die Muskeln, zu welchen die gereizten Nervenfasern gehen. Zerstört man die Nervenfasern, so hört die Bewegung auf. Dies ist eine direkte Reizung, eine direkte Lähmung, bedingt gleichsam durch Zerstörung der Brücke, auf welcher die Reaktion gegen den Reiz fortschreiten muß.

Das Centralnervensystem besitzt aber, wie wir im Verlaufe dieser Untersuchungen sehen werden, besondere Eigenschaften, wodurch die Nervenkraft erhalten, die Empfindungen dem Bewußtsein zugeführt, die Bewegungen dem Willen unterworfen werden. Werden die Theile, welchen diese Eigenschaften zukommen, verletzt, so hören auch die Funktionen auf. Werden diejenigen Theile verletzt, welche dem Bewegungswillen (wenn es erlaubt

ist, sich so auszudrücken) und der Ueberleitung des Willens zu den bewegenden Primitivröhren vorstehen, so können die Bewegungen zwar noch durch direkte Reize hervorgerufen werden, nicht aber mehr durch den Willen des Individuums, für welches diese indirekte Lähmung eben so vollkommen ist, als diejenige, welche durch direkte Zerstörung der bewegenden Nervenprimitivröhren hervorgebracht ist. Der Einfluß der Centraltheile des Nervensystemes nach diesen zwei Richtungen hin, die man meist zusammenwarf, ist noch nicht gehörig ermittelt; man weiß nur, daß die Reizung der Gewölbtheile keine Zuckungen, weder im Körper noch in den Kopfmuskeln erregt, daß mithin keine direkt bewegende Primitivröhre in diese Gewölbtheile eintritt. Daß bei Reizung der hinteren Theile des Hirnstammes convulsivische Zuckungen in einzelnen Muskeln des Körpers bedingt werden, ist sicher gestellt; wie weit nach vorn aber direkt bewegende Primitivröhren im Hirnstamme sich nachweisen lassen, werden spätere Experimentatoren erst lehren.

Als allgemeines Resultat läßt sich demnach behaupten, daß keine Primitivröhre eines peripherischen Nerven weiter als bis in den Hirnstamm vordringe, daß mithin alle Funktionen der peripherischen Nerven nur im Rückenmarke und im Hirnstamme concentrirt seien. Nichts desto weniger sehen wir täglich Lähmungen der Gliedmaßen, bedingt durch Krankheitsprozesse, welche in Gehirntheilen ihren Sitz haben, deren Reizung keinen Schmerz, keine Bewegung bedingt. Weit entfernt, diese Erscheinungen aus indirekter Lähmung herleiten zu wollen, bedingt durch Vernichtung derjenigen Theile, welche den bewegenden Primitivfasern den Befehl zur Ausübung ihrer Funktion mittheilen, suchte man sich durch mancherlei sonderbare Hinterthüren aus der Schlinge zu ziehen. Man sagte, es finde Druck auf den Hirnstamm statt; man schloß, daß die Primitivröhren dennoch bis in die schmerzlosen Theile vordrängen, wobei man sich auf die Faserung der weißen Substanz stützte, daß sie aber ihren Charakter änderten, und dergleichen Erklärungsversuche mehr. Experiment und Beobachtung, wenn auch unvollständig, haben uns doch Thatsachen ge-

liefert, die als Anhaltspunkte einer consequenten Betrachtung der Erscheinungen dienen müssen. Wagen wir einmal consequent zu sein. Stellen wir die Elemente unserer Schlüsse zusammen. Die bewegenden Primitivröhren enden im Hirnstamme. Thiere, Vögel, denen das große Gehirn fehlt, führen noch zweckmäßige Bewegungen aus, aber nur auf äußeren Anstoß. Leute, die an Krankheiten der Gewölbtheile leiden, sind oft gelähmt; sie möchten die gelähmten Glieder bewegen, können aber nicht. Druck auf den Hirnstamm anzunehmen, ist in den meisten Fällen dieser Art geradezu Unsinn; wie soll eine erweichte Stelle in der Hemisphäre den Hirnstamm zusammendrücken? Doch zurück zu unsern Prämissen. Warum bewegt sich der Vogel ohne Großhirn nicht? Er empfindet kein Bedürfniß, Bewegung zu wollen; regt man dies Bedürfniß an, so bewegt er sich. Warum bewegt sich der Kranke nicht? Seine bewegenden Primitivröhren sind unverletzt, denn galvanische Reizung bringt sie in Thätigkeit; er kann wollen, sich selbstständig das Bedürfniß der Bewegung hervorrufen, was der enthirnte Vogel nicht konnte, aber die Brücke fehlt, der Wille wird den bewegenden Organen nicht mitgetheilt; daher die Lähmung. Wir haben demnach, aus den Thatsachen klar nachgewiesen, drei Klassen von Theilen, welche zur Bildung einer Bewegung nöthig sind : direkt bewegende Primitivröhren, welche der Wille oder ein Reiz treffen muß, die aber selbstständig ihre Thätigkeit nicht hervorrufen können; Theile, die den Willen leiten, und endlich Theile, die den Willen bedingen, gleichsam ausarbeiten. Zerstörung eines jeden dieser Theile kann Lähmung bedingen; in jedem vorliegenden Falle wird es davon abhängen, zu bestimmen, welcher Art die Lähmung sei. Wie man sieht, stimmen diese Resultate durchaus mit denjenigen überein, die wir bei der Analyse der Empfindungen erhielten, wo ebenfalls eine dreifache Gruppirung der Elementartheile sich herausstellte.

Im vorigen Briefe wurde nachgewiesen, daß die Isolirung einer jeden Nervenprimitivröhre eine wesentliche Eigenschaft des peripherischen Systemes sei, und daß durch eine Reizung, welche

eine bestimmte Primitivröhre trifft, nie eine zweite affizirt werden könne, auch wenn sie dicht daneben läge. Diese Isolation der betroffenen Nervenfasern erhält sich in dem Centralnervensysteme nur in sehr geringem Grade; meist findet Mittheilung von einer Primitivröhre auf die andere Statt. Am leichtesten geschieht diese Mittheilung, dieses Ueberspringen auf ungleichnamige Primitivröhren, namentlich von empfindenden auf bewegende Nerven, und man hat die durch solches Ueberspringen der Empfindung auf bewegende Fasern bedingten Bewegungen Reflexbewegungen genannt; während die Mittheilung von gleichnamigen Fasern auf gleichnamige, von empfindenden auf empfindende besonders Sympathieen genannt wurden. Eine Menge von täglich vorkommenden Erscheinungen lassen sich nur durch solche Reflexbewegungen und Sympathieen erklären, und zahllose Versuche an Thieren, so wie genaue Analyse theils gesunder, theils kranker Zustände haben die Gesetze, nach welchen diese Reflexerscheinungen zu Stande kommen, in ihrer ganzen Ausdehnung kennen gelehrt. Auch bei der Analyse dieser Erscheinungen wird uns vorzüglich die nackte, durch den Versuch gewonnene Thatsache leiten.

Im Augenblicke der Enthauptung eines Thieres ziehen sich alle Muskeln des Rumpfes und der Extremitäten auf das Kräftigste zusammen. Die Reizbarkeit ist dann meist auf Augenblicke erschöpft; einige Zeit nach der Enthauptung aber zeigt der Rumpf Reflexbewegungen. Berührt man den Fuß mit der Nadel, so wird er an den Leib angezogen; sticht man stärker, so erfolgen einige abwehrende Bewegungen desselben Fußes; bei noch heftigerer Reizung werden beide Hinterbeine, ja selbst die Vorderbeine bewegt. Auf jede Reizung erfolgt so eine entsprechende Bewegung, und zwar entspricht die Ausdehnung der Bewegung gewöhnlich der Größe des Reizes, wobei freilich die Empfänglichkeit des Thieres selbst in Betracht zu ziehen ist. Im warmen Sommer, besonders aber in der Begattungszeit, wird man die Reflexbewegungen der Frösche stets weit bedeutender finden, als im Winter; bei allmählich sich erschöpfender Erregbarkeit werden die Muskelgruppen, welche auf dieselbe Reizung antworten, stets

minder zahlreich, die Zuckungen weniger heftig. Nicht minderen Einfluß haben die peripherischen Reizungsstellen. Reizungen der Haut haben stets bedeutenderen Einfluß, als Reizungen der zur Haut gehenden Nervenstämme — einzelne Hautstellen sind empfindlicher als andere. Bei den Amphibien und Fischen erhalten sich diese reflektirten Bewegungen am längsten; sie verschwinden ziemlich schnell bei warmblütigen Geschöpfen. Die Bewegungen eben getödteter Vögel, Tauben und Hühner, sind allen Köchinnen bekannt; nicht minder die lebhaften Bewegungen, welche der enthauptete Rumpf eines Aales macht, und die zu dem allgemeinen Glauben verleiteten, selbst die Stücke eines Aales lebten noch und sprängen aus der Pfanne, um dem Rösten zu entgehen. Alle diese Bewegungen sind Reflexbewegungen, hervorgebracht durch den Hautreiz des Rupfens, des Schmorens in der Pfanne, wodurch Muskelbewegungen erzeugt werden, die dem angebrachten Reize entsprechen und je nach der Reizbarkeit des Thieres stärker oder schwächer werden.

Sucht man nun auf experimentellem Wege zu ermitteln, auf welche Weise diese Bewegungen zu Stande kommen, bei welchen der Wille und das Bewußtsein des Thieres keine Rolle spielen können, so ergiebt sich zuvörderst, daß dieselben durchaus von dem Dasein des Rückenmarkes abhängen. Geht man bei einem enthaupteten Thiere mit einem Drahte in den Wirbelkanal ein und zerstört das Rückenmark, so zeigt sich auch keine Spur von Reflexbewegungen mehr, wenn dieselben auch noch so lebhaft unmittelbar vor dieser Zerstörung sich zeigten. Es genügt deßhalb, eine Stricknadel durch den Wirbelkanal eines Aales zu stoßen, um die Stücke regungslos liegen zu sehen. Es beweist diese einfache Thatsache, daß das Ueberspringen der Reizung von fühlenden Fasern auf bewegende, einzig nur durch Vermittlung des Centralnervensystems zu Stande gebracht werden kann. Ja es ist diese Eigenschaft wesentlich an die graue Substanz gebunden, und zwar in ihrer ganzen Ausdehnung, während, wie es scheint, die weiße Substanz des Rückenmarkes keinen Einfluß darauf ausübt. Man kann letztere großen Theils, ja gänzlich

durchschneiden und nur in der Mitte eine sehr kleine Brücke von grauer Substanz übrig lassen, welche den Zusammenhang zwischen getrennten Theilen des Rückenmarkes vermittelt, und die Reflexbewegungen bleiben, wenn auch um so schwächer werdend, je geringer die graue Verbindungsbrücke ist. Ebenso beweisen andere Versuche, daß diese Vermittelung nicht an einzelne Stellen im Rückenmarke, sondern an die ganze Ausdehnung der grauen Substanz gebunden ist. Schneidet man das Rückenmark in der Mitte des Rückens durch, so daß die untere Hälfte von der oberen getrennt ist, so werden Reizungen der hinteren Extremitäten Bewegungen der Füße, Reizungen der vorderen reflektirte Bewegungen der Vorderbeine, aber auch nur dieser, veranlassen, da die Communikation zwischen vorderer und hinterer Hälfte unterbrochen ist. Theilt man das Rückenmark genau der Länge nach in zwei seitliche Hälften, indem man nur am vorderen Ende eine Brücke zwischen diesen beiden Hälften läßt, so erscheinen noch Reflexbewegungen in allen vorderen wie hinteren Extremitäten. Theilt man das Mark quer durch in Segmente, innerhalb welcher Nervenwurzeln eintreten, so entstehen Reflexbewegungen, welche auf diejenigen Theile beschränkt sind, deren motorische Primitivröhren mit demjenigen Segmente in Verbindung stehen, dessen sensible Nerven gereizt wurden.

Gleiche Erscheinungen zeigen sich an dem Kopfe, wenn man auch die Gewölbtheile des Gehirns weggenommen und nur den Hirnstamm hat bestehen lassen. Reizungen der einzelnen Theile sind dann von entsprechenden Bewegungen gefolgt, und es erstreckt sich diese Fähigkeit, Reflexbewegungen hervorzurufen, nicht nur auf die fühlenden Nerven, sondern auch auf die Sinnesnerven. Bei der Reizung des Auges durch Licht wird die Pupille verkleinert, ja selbst das Auge geschlossen, ohne daß hierbei Einfluß des Willens herrschen könnte.

Eine Menge von Erscheinungen, die sich im lebenden Zustande zeigen, hängen einzig von diesen reflektirten Bewegungen ab. Das unwillkürliche Blinzeln der Augenlieder während der geöffneten Augen ist eine reflektirte Bewegung, bedingt durch

das Trockenwerden der Bindehaut; das unmittelbare Schließen, wenn man rasch auf die Augen mit dem Finger zufährt, und das man bei dem besten Willen nicht verhindern kann, ist eine Reflexbewegung, bedingt durch den plötzlichen Eindruck auf den Sehnerven. Kitzeln der Nasenschleimhaut erregt Niesen, des Gaumens Schluckbewegungen und Erbrechen; jeder Nadelstich, der unversehens eine Hautstelle trifft, ist unmittelbar von einer Zuckung gefolgt, die nur dann vermieden werden kann, wenn wir darauf vorbereitet sind und unseren Willen über die Reaktion gebieten lassen. Ja die Versuche, welche man an enthaupteten Thieren anstellt, werden oft auch durch unglückliche Verhältnisse am Menschen möglich. Nach Brüchen der Wirbelsäule, wobei das Rückenmark zerquetscht und die hinteren Extremitäten gelähmt und dem Willen entzogen werden, zeigen diese letzteren sehr oft reflektirte Bewegungen, wenn sie gestochen oder gekneipt werden.

Es geht aus den dargelegten Erscheinungen hervor, daß Reflexbewegungen nur dann möglich sind, wenn die sensitiven und motorischen Fasern durch ein Stück Rückenmark oder Hirnstamm mit einander in Verbindung stehen. Die Zweckmäßigkeit der Bewegung beweist weiter, daß die Empfindung der Oertlichkeit ebenfalls in denjenigen Theilen des Centralorganes vorhanden ist, welche die Reflexbewegungen vermitteln, und daß die Bewegungen in Folge dieser Ortsempfindung zweckmäßig combinirt werden. Der geköpfte Frosch, dem man ein Stückchen Kohle auf den Vorderfuß legt, sucht dieses mit dem Hinterfuße wegzukratzen. Der Schwänz des zerschnittenen Aales sucht sich von dem Lichte zu entfernen, womit man ihn auf der einen Seite brennt. Die Gruppen von Fasern, welche die Lokalisation der Empfindung vermitteln und deren Existenz wir oben aus den Leitungserscheinungen der empfindenden Nerven ableiteten, finden sich demnach noch in dem Rückenmarke und dem Hirnstamme, nicht aber in den Gewölbtheilen, in welchen einzig die höheren Seelenthätigkeiten concentrirt sind.

Aus dieser Gruppirung ergiebt sich auch der Einfluß, welchen die Gewölbtheile selbst auf die Reflexbewegungen ausüben.

Bewußtsein und Wille wirken ihnen entgegen und können sie selbst bis auf einige Combinationen solcher Reflexbewegungen, die zum Leben unbedingt nothwendig sind, gänzlich aufheben. Zu diesen letzteren Gruppen gehören die Athem- und Herzbewegungen, über welche wir unter gewöhnlichen Bedingungen nicht mehr Herr sind, die wir aber dennoch, wie neuere Versuche lehren, willkürlich gänzlich unterdrücken und dadurch Ohnmacht und selbst den Tod herbeiführen können. Die Erzählungen über Selbstmord durch willkürliches Hinterhalten des Athmens, die uns aus dem Alterthume überliefert worden sind, galten bis jetzt für eine physiologische Fabel. So erzählt Valerius Maximus: „Es giebt auch merkwürdige Todesfälle, welche auswärts vorgekommen sind. Hierher gehört vorzüglich der des Coma, welcher der Bruder des Räuberhauptmanns Cleon gewesen sein soll. Als dieser nämlich nach Enna, welches die Räuber inne gehabt hatten, von den Unsrigen aber genommen worden war, vor den Consul Rupilius gebracht und über die Macht und die Absichten der Flüchtigen befragt wurde, nahm er sich Zeit, um sich zu sammeln, verhüllte das Haupt und indem er sich auf seine Kniee stützte und den Athem unterdrückte, verschied er sorgenfrei unter den Händen der Wächter und vor den Augen des Machthabers. Mögen sich die Elenden quälen, denen nützlicher ist zu sterben, als fortzuleben mit ängstlichen Vorsätzen, wie sie aus dem Leben gehen sollen, mögen sie das Schwerdt schärfen, Gift mischen, zum Strange greifen, von ungeheueren Höhen herunterschauen, als ob es großer Vorrichtungen und tiefen Nachdenkens bedürfe, um das schwache Band zwischen Leib und Seele zu trennen. Coma brauchte von alledem nichts, sondern fand dadurch, daß er den Athem in der Brust verschloß, seinen Tod.“

Es bedarf zur Durchführung dieses Versuches nur des Anhaltens des Athmens mit gleichzeitiger Zusammendrückung der Brust, die man entweder mit den Händen oder auch durch die Athemmuskeln selbst bewirken kann. Der Herzschlag hört augenblicklich auf, die Herzgeräusche sind nicht mehr hörbar, man

fühlt noch einzelne schwache Pulsschläge, die dann vollständig aufhören. Setzt man den Versuch auch nur eine Minute fort, so tritt Ohnmacht und vollständige Bewußtlosigkeit ein, die leicht in gänzliches Erlöschen des Lebens überführen kann. Man sieht also, daß auch hier die den Willen erzeugenden Gebilde des Centralnervensystemes eine absolute Herrschaft über die Reflexbewegungen ausüben können, woraus als natürliche Folge sich ergiebt, daß die Reflexbewegungen um so vollständiger Platz greifen können, je mehr die Thätigkeit der Gewölbtheile unterdrückt ist. Deßhalb sehen wir sie am Vollständigsten bei enthaupteten Körpern, bei Neugeborenen, wo die Thätigkeiten des Gehirnes noch nicht ausgebildet sind und das Leben ohne ihr stetes Spiel selbst nicht erhalten werden könnte. Deßhalb sehen wir sie auch im tiefen Schlafe und weniger vollständig beim leisen Schlummer oder in Augenblicken, wo die Gewölbtheile des Gehirnes mit anderen Verrichtungen beschäftigt sind. Ein in tiefem Nachdenken begriffener Mensch wird eher eine automatische Bewegung vollführen, um z. B. eine Fliege zu verjagen, und eher dem Eindrucke des Kitzels nachgeben, als derjenige, welcher sich zusammennimmt und vorbereitet seinen Willen gegen die Reflexthätigkeit wirken läßt.

Man hat in ähnlicher Weise wie Reflexbewegungen auch Reflexempfindungen, sowie Mitbewegungen und Mitempfindungen annehmen wollen. Bei der Reflexbewegung findet offenbar eine Uebertragung der Erregung von einer empfindenden auf eine bewegende Faser innerhalb des Rückenmarkes statt. Man glaubte nun nachweisen zu können, daß auch umgekehrt die Erregung von einer bewegenden Faser auf die empfindende überspringen könne, so daß in Folge von Bewegungen Schmerz an irgend einer anderen Stelle gefühlt würde, und man nahm endlich auch die Mittheilung der Erregung zwischen gleichnamigen Nervenfasern an, so daß die Erregung einer bewegenden Faser Bewegungen anderer Gebilde, die einer empfindenden Empfindung an anderen Orten erzeugen sollte. Alle Erscheinungen, die man zu Gunsten der Reflexempfindungen sowie der Mitempfindungen

angeführt hat, können leicht auch auf andere Weise erklärt werden. Dagegen giebt es in der That gewisse Mitbewegungen, die davon abzuhängen scheinen, daß die von dem Willen mitgetheilte Erregung sich in dem Gehirne selbst nicht genau lokalisirt, sondern einer ganzen Gruppe von peripherischen Nervenfasern mitgetheilt wird. Diese Mitbewegungen können aber eben so leicht durch fortgesetzte Uebung beseitigt wie errungen werden, so daß demnach der Wille auf dieselben eine ähnliche Herrschaft erlangen kann, wie auf die Reflexbewegungen. Es giebt eine Menge von Menschen, die den Ringfinger oder kleinen Finger nicht abgesondert von einander bewegen können. Durch Uebung beim Clavierspielen eignen sie sich diese Fähigkeit an. Andere schließen stets beide Augen zugleich; sobald sie Jagdgänger werden, lernen sie beim Schießen nur das eine Augenlied zu brauchen. Andererseits sind es die angewöhnten Mitbewegungen, welche den wesentlichsten Einfluß sogar auf die Oekonomie des menschlichen Gesellschaft ausüben. Der geübte Arbeiter, der in derselben Zeit das Doppelte und Dreifache der Arbeit der ungeübten liefert, unterscheidet sich nur dadurch, daß er sich eine Reihe von Mitbewegungen angewöhnt hat, zu deren Ausführung es keiner besonderen Operation des großen Gehirnes, keines Nachdenkens und Wollens mehr bedarf, wodurch sowohl Zeit als Kraft gespart werden.

Noch weit weniger als die in dem Hirnstamme lokalisirten Fähigkeiten sind die Eigenschaften der Gewölbgebilde des Centralnervensystemes im Einzelnen bekannt. Die operativen Eingriffe, welche bei Versuchen nothwendig sind, ermangeln meist der genaueren anatomischen Controle, da die Untersuchung der Gewölbegebilde selbst noch keine genaueren Resultate in Bezug auf den Verlauf der einzelnen Fasern und auf ihr Verhältniß zu den Nervenzellen und den peripherischen Nervengebilden geliefert hat. Es mag genügen, ein Beispiel anzuführen, um zu zeigen, wie mannichfaltig die Resultate solcher Versuche schwanken können.

Man hat sich durch Versuche überzeugt, daß die Durchschneidung des Kleinhirnschenkels Drehbewegungen erzeugt, welche

unabhängig von dem Willen des Thieres und eine nothwendige Folge der Verletzung sind. Die Angaben der Beobachter waren aber einander entgegengesetzt. Das Thier dreht sich nach der verletzten Seite hin, riefen die Einen. — Mit Nichten, antworteten die Anderen, nach der gesunden Seite dreht es sich. Beide hatten Recht. Trifft der Schnitt näher an der Wurzel des Hirnschenkels, an dem verlängerten Marke, so dreht sich das Thier nach der Verwundungsseite; — trifft er, kaum eine Linie weiter gegen das kleine Gehirn hin, so dreht es sich nach der gesunden Seite. So schwanken die meisten Versuche, die man in dieser Art angestellt hat, in ihren Resultaten außerordentlich, eben weil man oft nur ungefähr die Stelle bezeichnen kann, wo die Verletzung beigebracht wurde, und es unmöglich ist, mit Bestimmtheit zu sagen, welche Fasern man getroffen, welche Nervenleitung man durchschnitten hat. Im Allgemeinen beschränken sich daher diese Versuche auf den Nachweis gewisser Zwangsbewegungen, welche in Folge der Verletzungen besonders der Hirnschenkel und der Hirnstammtheile eintreten, sowie auf die Herstellung einer Reihe von Verdummungserscheinungen, die um so bedeutender werden, je größer die Zerstörung ist, die man in dem großen Gehirne angerichtet hat. Beide Reihen von Erscheinungen, so unvollständig ihre Resultate auch im Verhältniß zu den einzelnen Gehirnfunktionen sein mögen, werfen indeß dennoch einiges Licht auf die Funktionen der Hirntheile im Ganzen, und haben deßhalb ein besonderes Interesse.

Es ist schon vielen Experimentatoren gelungen, Vögel, denen man das ganze große Gehirn weggenommen hatte, bei künstlicher Fütterung Monate lang am Leben zu erhalten und so die Erscheinungen studiren zu können, welche solche, des großen Gehirnes beraubte Thiere darbieten. Tauben, die auf diese Art operirt sind, sitzen wie in beständigem Schlummer. Sie haben den Hals eingezogen, die Flügel am Leibe und ruhen anfangs zumeist auf beiden Füßen. Stößt man sie, kneipt man sie in die Füße, so erwachen sie, schütteln den Körper und die Federn, öffnen die Augen, bewegen sich schwankend ein paar Schritte

weit vorwärts, fallen aber dann in den vorigen Schlummer zurück. Läßt man sie aus der Höhe herabfallen, so breiten sie die Flügel aus, fliegen auch ganz gut und in bestimmter Richtung, nur sinken sie bald auf den Boden, von dem sie sich nicht zu erheben streben. Zuweilen aber erwachen sie von selbst, und dann besteht ihr einziges Geschäft darin, ihre Federn zu putzen und zu ordnen. Die Augen sind empfindlich gegen das Licht; die Taube schließt zwar die Augenlieder nicht, sobald man ihr eine Kerze nähert, aber sie zeigt doch einige Unruhe und folgt selbst in ihren Bewegungen mit dem Kopfe einer Kerze, die man im Dunkeln vor ihren Augen umherdreht. Beim Berühren der Zehen entfernt sie den Fuß; wiederholt man mehrmals dieselbe Berührung, so birgt sie den Fuß unter den Flügel und bleibt, ohne zu wanken, im Gleichgewichte auf einem Fuße sitzen. Kneipt man nun den anderen Fuß, so zieht sie den zuerst verborgenen hervor und steckt denjenigen unter, welchen man zuletzt berührte. Hält man ihr scharf stechende, ätzende Substanzen, wie Ammoniak, an die Nase, so schüttelt sie heftig den Kopf, kratzt mit dem Fuße an der Nase, um den reizenden Körper wegzubringen. Sie ist unfähig, ihr Futter zu picken; man muß ihr den Schnabel öffnen und das Futter bis zur Zungenwurzel einbringen, worauf sie dasselbe hinunterschluckt.

Es zeigen diese Erscheinungen, daß die Bewegungen nach der Wegnahme des großen Gehirnes nicht nur in ihrer ganzen Vollständigkeit erhalten bleiben, sondern daß sie auch dieselbe Zweckmäßigkeit in ihren Combinationen behalten, welche sie in dem unverletzten Thiere besaßen, wenn gleich das ganze Verhalten der Bewegungen darauf hindeutet, daß sich das Thier in einem gewissen Traumzustande befindet, in welchem es sich weder der Empfindungen, noch der Bewegungen klar bewußt wird.

Man sieht, daß hier eine gewisse Verschiedenheit mit den Reflexbewegungen Statt findet, die darauf begründet ist, daß bei den Reflexbewegungen zwar einzelne Bewegungen eine gewisse Zweckmäßigkeit haben können, daß aber die Gruppirung und Combination mehrerer Bewegungen zu einem bestimmten Zwecke

fehlt. Ein enthauptetes Thier flattert noch krampfhaft, fliegt aber nicht. Es kann weder seine Federn putzen, noch sich im Gleichgewichte auf den Füßen erhalten, aber es macht Bewegungen zur Abwehr des Schmerzes, die zu diesem beschränkten Zwecke angepaßt sind. Anders das enthirnte Thier, bei welchem der Hirnstamm mit dem kleinen Gehirne erhalten sind. Alles, was das Thier im Schlafe zu thun vermag, kann hier mit derselben Vollständigkeit ausgeübt werden. Ganz ähnliche Beobachtungen, wie die an Tauben, hat man auch an Hunden und Kaninchen, wenn auch hier mit geringerem Erfolge angestellt, da die Säugethiere dem operativen Eingriffe sehr schnell erliegen.

Wenn die Wegnahme des großen Gehirnes auf die Combination der Körperbewegungen keinen Einfluß äußert, so ist dies dagegen augenscheinlich bei dem kleinen Gehirne der Fall. Thiere, denen man das kleine Gehirn weggenommen oder mit einer glühenden Nadel zerstört hat, so daß alle sonst die Resultate beeinträchtigende Blutung vermieden wird, solche Thiere bieten alle Erscheinungen einer vollen Trunkenheit dar. Sie schwanken, auf den Füßen stehend, hin und her, fallen bald nach vorn, bald nach hinten, bald seitlich; können nicht gerade gehen, keinen sicheren Schritt machen; fallen sie, so gelingt es ihnen nur durch Zufall, sich wieder aufzurichten. Die Flugbewegungen von Vögeln, welche in dieser Weise operirt wurden, bleiben möglich; die Tauben flattern, können aber nie dazu kommen, die Flügel regelmäßig so zu bewegen, daß sie sich in die Luft erheben; auf Schmerzempfindungen wird nicht durch geregelte Fluchtversuche, sondern durch regellose, krampfhafte Bewegungen geantwortet. So ist es denn durch das Experiment unzweifelhaft nachgewiesen, daß das kleine Gehirn wirklich wesentlich zur Combination der Bewegungen, zur Anpassung derselben an den beabsichtigten Zweck beitrage, und daß es in dieser Beziehung in der nächsten Beziehung zu den motorischen Fasern stehe. Einseitige Zerstörung desselben bedingt halbseitige Körperlähmung, die ebenfalls in dieser Aufhebung der Coordination beruht. Die so gelähmten Thiere und Menschen können noch die gelähmte

Hälfte einigermaßen bewegen, allein nicht so, daß der Fuß z. B. die zur Feststellung des Körpers nöthigen Bewegungen combiniren könnte. Es findet indirekte Lähmung durch Veränderung des Einflusses der Bestimmung statt.

Einseitige Durchschneidungen der tieferen Theile des kleinen und des Mittelgehirnes, namentlich der verschiedenen Schenkel, welche von dem Hirnstamme zu den Gewölbtheilen gehen, rufen jene eigenthümlichen Drehungserscheinungen hervor, welche man leicht an Kaninchen beobachtet und deren wir oben erwähnten. Die Thiere drehen im Kreise herum, wie ein schulgerecht zugerittenes Pferd auf der Reitbahn, und wenn die einseitige Verletzung noch tiefer dringt oder sie weiter nach hinten gegen das verlängerte Mark trifft, so sind sie selbst unfähig, sich auf den Beinen zu erhalten, stürzen zusammen, drehen sich aber dann beständig um die Längsachse ihres Körpers. Ein Beobachter erzählt, daß er ein solches Kaninchen in einen Korb mit Heu gesteckt habe und sehr erstaunt gewesen sei, am anderen Morgen das Thier wie eine Flasche in Heu eingewickelt in dem Korbe zu finden. Die Richtung der Drehung bei allen solchen Verletzungen geschieht fast immer von der verletzten Seite nach der gesunden hin; doch zeigte schon das oben angeführte Beispiel, daß hier mancherlei Schwankungen Statt finden. Die Ursache dieser Drehung, so wie der eigenthümlichen Richtung des Drehens, ist leicht zu finden. Die Resultate der Verwundungen, welche die vor dem verlängerten Marke liegenden Theile betreffen, sind gekreuzt, wie wir schon früher anführten; wenn eine einseitige Verwundung das Gehirn betrifft, so erfolgt die Lähmung in den Körpermuskeln der entgegengesetzten Seite. Eine rechter Seits angebrachte Wunde lähmt demnach die Muskeln der linken Seite mehr oder minder vollständig. Bei unvollständiger Lähmung dreht das Thier im Kreise, wie auf der Reitbahn; die auf der rechten Seite durch die Muskeln gegebene Impulsion ist überwiegend. Geht die Lähmung noch weiter, so fällt das Thier und jede Bewegung der Extremitäten wird, da sie nur einseitig ist, eine Drehung um die Axe bewirken. Daraus erklärt es sich

dann auch, daß diese Bewegungen nicht stetig fortdauern, sondern Unterbrechungen zeigen. Das Thier ruht oft; sobald es sich aber bewegen will, so fehlt ihm die Fähigkeit, die Bewegungen in anderer Weise zu vollführen, als in der Richtung der durch die Verletzung bedingten Zwangsbewegungen.

Von diesen auf mechanische Weise hervorgebrachten Drehbewegungen, die nach Verletzung einiger Hirnstammtheile vorkommen, sind diejenigen Bewegungen wohl zu unterscheiden, welche öfters bei Verletzung des Mittelhirnes vorkommen. Dieses steht in besonderer Beziehung zu der Funktion des Sehens. Verletzungen der Vierhügel, welche tief genug gehen, um die im Inneren derselben gelegenen grauen Kerne zu treffen, ziehen eben so gut Blindheit nach sich, als wenn der Sehnerve selbst zerstört worden wäre, nur mit dem Unterschiede, daß die Blindheit auf dem entgegengesetzten Auge auftritt; ein Umstand, der sich leicht dadurch erklärt, daß die Sehnerven unmittelbar nach dem Austritte aus dem Gehirne sich in dem sogenannten Chiasma kreuzen. Plötzliche Blindheit auf einem oder auf beiden Augen bewirkt aber bei Thieren sehr seltsame Erscheinungen. Eine Taube, der man ein Auge mit schwarzem Taffet zuklebt, dreht sich im Kreise dem gesunden Auge nach. Ein Thier, dessen Sehnerve plötzlich durchschnitten wird, dreht in gleicher Weise. Kaninchen, deren Sehnerven man beiderseits plötzlich zerstört, schießen wie Pfeile über den Operationstisch weg, in unaufhaltsamer Flucht voran, bis sie wider die Wand stoßen. Gleiche Beobachtungen hat man nach Durchschneidung der Vierhügel und der Sehhügel auf beiden Seiten gemacht. Der Schrecken, verursacht durch die plötzlich eingebrochene Nacht, in welcher sich die schon von Natur so ängstlichen Stallhasen befinden, erklärt solche plötzliche Fluchtversuche mehr als genug.

Man hatte in einigen seltenen Fällen nach mehr oder minder tiefen Wunden des kleinen Gehirns bei Kaninchen eine Neigung zum Rückwärtsgehen bemerkt, die indeß so selten ist, daß ihr Grund wohl noch in besonderen Nebenumständen gesucht werden muß, und da man zugleich diese unaufhaltsame Flucht

in gerader Linie vorwärts, welche nach Durchschneidung vorderer Hirntheile eintrat, nicht als Folge der so erzeugten Blindheit, sondern als unmittelbares Resultat der Verwundung auffaßte, so kam man auf gar seltsame Ansichten über den Einfluß dieser Theile auf die Bewegung. Nach den Einen sollte das kleine Gehirn nach vorn treiben, das Mittelhirn nach hinten. Bei Durchschneidung des einen oder andern Theiles bekäme dann der unverletzte Theil das Uebergewicht und die Thiere bewegten sich sofort nach derjenigen Richtung, in welcher jener Theil antriebe. Andere, welchen die Tendenz zum Rückwärtsgehen nicht erwiesen schien, glaubten, das kleine Gehirn sei ein Hemmungsapparat, welcher die ungezügelte Bewegungskraft gehörig lenke und leite und nach dessen Wegnahme die gespannte Feder unaufhaltsam losschieße. Die eben angeführten Thatsachen erklären die Erscheinungen sehr ungezwungen; allein auch wenn wir sie nicht kennten, so müßten wir uns gegen eine solche Ansicht aussprechen, die nothwendig darauf zurückführt, daß man sich eine Seele vorstellen müßte, die wie ein Kutscher auf dem Bocke in dem kleinen Gehirn säße und von dort aus mit Peitsche und Zügel das Rossegespann der thierischen Maschine lenkte.

Fragen wir nun nach den genauer begründeten Thatsachen, die uns über die Gewölbtheile des menschlichen Gehirnes und die spezielleren Funktionen ihrer einzelnen Theile beim Menschen Aufschluß geben sollen, so befinden wir uns um so mehr in großer Ungewißheit, als hier nicht einmal die spärliche Quelle des Versuches fließt, sondern man einzig auf diejenigen Versuche hingewiesen ist, welche uns durch Unglücksfälle oder Krankheiten entgegengeführt werden. Aus den langen Listen von Krankheitsgeschichten und Leichenbefunden, bei denen Entartungen des Gehirnes, Zerstörungen einzelner Theile desselben nachgewiesen wurden, läßt sich auch nicht eine sichere Schlußfolgerung ziehen. Selbst in Beziehung auf die Lähmungen, welche durch Blutergießungen im Gehirn, durch die sogenannten Schlagflüsse erzeugt werden, sind wir noch gänzlich im Unklaren. Nur so viel wissen wir, daß diese Lähmungen meistens auf der entgegen-

gesetzten Seite auftraten, und daß sie jedesmal vorhanden sind, wenn der Hirnstamm von der Entartung oder dem Drucke betroffen wird. In Beziehung auf die geistigen Fähigkeiten, die dem Gehirne allein zustehen, wissen wir nichts, als was auch aus den Versuchen an Thieren hervorgeht: zunehmende Verdummung bei zunehmender Zerstörung. Die Abnahme bestimmter Fähigkeiten nach Verletzung oder Zerstörung bestimmter Hirntheile läßt sich nirgends mit Sicherheit nachweisen. Dies kann um so weniger auffallen, als die beiden Seitenhälften des Gehirnes symmetrisch gebaut sind, die Verletzungen aber fast stets nur eine Seite treffen, wo dann sicher die gleiche Funktion der anderen Hirnhälfte die Folgen der Verletzung wenigstens bedeutend schwächt und unmerklich macht.

Eine Reihe von krankhaften Erscheinungen, so wie zahlreiche Versuche erweisen einen bedeutenden Einfluß des Centralnervensystemes, und namentlich des Gehirnes, auf die Bewegungen und Empfindungen der Eingeweide, deren Thätigkeit unserem Willen entzogen ist. Die Zusammenziehungen des Magens, der Gedärme, der Ausführungsgänge der Drüsen, wie der Harnleiter und des Gallenkanales, die wurmförmigen Bewegungen der inneren Geschlechtstheile, die Schläge des Herzens können durch Reizung gewisser Hirntheile angeregt und beschleunigt werden. Die Lokalisation dieser Einflüsse und ihre Beziehung zu bestimmten Hirntheilen hat noch nicht gelingen wollen; die Gedärme ziehen sich auf Reizung fast aller Theile des Hirnstammes zusammen, und nur die Bewegungen der inneren Geschlechtstheile scheinen in bestimmter Beziehung zu dem kleinen Gehirn zu stehen. Wenn indeß auch die bestimmtere Verfolgung dieser Beziehungen der Centraltheile zu den automatischen Bewegungen noch nicht gelungen ist, so wird dadurch doch bewiesen, daß ein solcher Einfluß existirt und die Integrität der Gehirnfunktionen auch für das vegetative Leben von höchster Wichtigkeit ist. Welch ungemeine Folgen die Verlangsamung des Herzschlages, der Athembewegungen, der Darmcontraktionen auf Kreislauf, Athmung und Verdauung haben müsse, braucht hier nur angedeutet

zu werden. Nicht minder offen erscheinen zuweilen die Sensibilitätsverhältnisse zwischen den Eingeweiden und dem Centralnervensysteme ausgesprochen. Die heftigen Stirnschmerzen bei Leberleiden, die Hallucinationen und Phantasieen, welche als Folge chronischer Unterleibskrankheiten oft vorkommen und oft gänzlich das eigentliche Leiden maskiren, gehören in das Bereich solcher Erscheinungen, die aber nur noch sehr unvollständig erforscht sind.

Dreizehnter Brief.

Nervenkraft und Seelenthätigkeit.

Die eigenthümlichen Eigenschaften des Nervensystems, über die man freilich erst nach und nach einen den Thatsachen entsprechenden Ueberblick erhielt, haben von jeher die spekulative Richtung der physiologischen Forschung in hohem Grade angeregt. Fast jede ärztliche Schule hatte auch ihre besondere Theorie über die Nerven, und je nachdem man ihnen einen größeren oder geringeren Antheil an den Krankheiten zuschrieb, wurde auch diese Theorie mit mehr oder minder lebhaften Farben ausgeschmückt. Als man die mikroskopische Struktur der Nervenröhren genauer erforscht hatte, schien die Schnelligkeit der Mittheilung innerhalb dieser mit halbfester Substanz gefüllter Röhren in schneidendem Gegensatze mit der vollständigen Ruhe und Bewegungslosigkeit des Nerveninhaltes selbst zu stehen. Viele Forscher gaben sich vergebliche Mühe, in einem erregten Nerven in einem Augenblicke, wo er Schmerz erzeugte oder eine Muskelbewegung vermittelte, Bewegungen nach der einen oder nach der anderen Richtung hin zu sehen. Selbst in dem Augenblicke, wo die Durchleitung rasch wechselnder elektrischer Schläge den Schenkel eines Frosches in Starrkrämpfen zusammenzog, selbst in diesem Augenblicke der höchsten Wirkung sah man nicht die mindeste Veränderung innerhalb der Nervenröhren. Es war augenscheinlich, daß die Mittheilung der Leitung innerhalb der Nervenröhren, die Fortpflanzung der Erregung nach einer bestimmten Richtung hin, mit einem Worte die ganze Wirkung der Nerven, von Molekularveränderungen abhängig sein mußte, welche selbst unserem mit dem

Mikroskope bewaffneten Auge eben so unzugänglich waren, wie die Schwingungen in einem Kupferdrahte, der den elektrischen Strom durch meilenweite Entfernungen leitet.

Die Untersuchungen der Neuzeit haben, indem sie einen andern Weg der Untersuchung einschlugen, auch zu weiteren Resultaten geführt. Schon aus den vorigen Briefen ging hervor, daß wir verschiedene Mittel besitzen, einen Nerven in Erregung zu versetzen; — auf mechanische Weise, durch Stechen, Kneipen, durch chemische Mittel, wie Säuren oder Aetzlaugen, und endlich durch die Elektrizität, welche in jeder Beziehung das mächtigste Erregungsmittel ist, und selbst dann noch Wirkungen hervorbringt, wenn die übrigen Mittel gänzlich versagen. Seit der Entdeckung des Zuckens jenes Froschschenkels, dessen Nerv zufälliger Weise mit einem aus einem silbernen Löffel und einer Messerklinge zusammengesetzten elektrischen Elemente in Berührung kam, seit jener Entdeckung ist der enthäutete Froschschenkel eines der wichtigsten Instrumente geworden, ohne dessen Hülfe weder die Nervenphysik noch die Elektrizitätsphysik selbst jemals zu ihrem heutigen Standpunkte gekommen wären; denn während der elektrische Multiplicator äußerst schwache elektrische Ströme nachweisen, ihre Richtung angeben, und von in längeren Zeiten erfolgendem Wechsel die Stärke anzeigen kann, ersetzt ihn der Froschschenkel durch seine Zuckungen gerade in denjenigen Fällen, wo der Multiplicator seiner Trägheit wegen den Dienst versagt. Jede auch noch so rasche Veränderung eines Stromes, und wenn sie auch in fast unmeßbarer Zeitdauer einträte und augenblicklich vorüberginge, wird durch den Froschschenkel mit einer Zuckung beantwortet. So hat man denn in den geeigneten Fällen bald das eine künstliche, bald das andere von der Natur gebotene Instrument benutzt, um sich über die elektrischen Eigenschaften der Nerven Aufschluß zu verschaffen, und hieraus auf die Molekularveränderungen in den Nerven selbst und das in ihnen wirkende Agens zurückschließen zu können. Es würde zu weit führen, wollten wir uns weitläufiger mit diesen Untersuchungen beschäftigen, deren Verständniß nothwendig ein tieferes Eingehen

in die physikalische Lehre von der Elektrizität erfordern würde. Die Schlüsse, welche aus Reihen der delikatesten Versuche hervorgegangen sind, führen zu dem Resultate: daß jeder lebende erregbare Nerve des Körpers gewissermaßen eine geschlossene elektrische Säule darstellt, deren positiver Pol gegen die Längsaxe, der negative gegen die Queraxe gerichtet ist, und dessen elektrische Massen durch einen feuchten indifferenten Leiter, die Scheide, umschlossen sind. Das Nervenmark und besonders der Axencylinder ist also einzig die wahre Nervensubstanz, während alle übrigen Scheidengebilde nur zur Isolirung dieses Inhaltes dienende Organe sind. Im Zustande der Ruhe erzeugt demnach schon jeder Nerve einen elektrischen Strom, den ruhenden Nervenstrom, welcher bei der Erregung in wesentlicher Weise verändert wird. Schließt man nämlich durch das Stück eines Nerven die Kette einer elektrischen Säule in der Weise, daß dieser erregende Strom den Nerven in derselben Richtung durchstreicht, in welcher der ursprüngliche Nervenstrom in der weiteren Fortsetzung des Nerven läuft, so wird dieser Strom gestärkt, bei entgegengesetzter Richtung aber vermindert. Zu diesem Versuche, wie überhaupt zu jeder Fortpflanzung der Erregung und des dadurch bewirkten elektrischen Zustandes der Nerven bedarf es aber des vollkommenen ununterbrochenen Zusammenhanges des Inhaltes der Nervenröhren. Hebt man diesen auf, selbst in einer Weise, daß die Elektrizität noch auf der Außenfläche fortgeleitet wird, so ist nichts desto weniger die Fortpflanzung im Inneren der Nervenröhren aufgehoben. Schnürt man den Nervenstamm z. B. mit einem nassen Faden zusammen, so wird hierdurch jede Fortleitung der Erregung in den Nerven aufgehoben. Ist es ein Muskelnerve, so kann man den Nerven über der Umschnürungsstelle auf jede erdenkliche Art reizen, es erfolgt keine Zuckung in den peripherischen Muskeln. Ist es ein Gefühlsnerve, so erscheint die Empfindungsleitung von den peripherischen Theilen her an dieser Stelle unterbrochen. Ganz in derselben Weise bleibt auch die Verstärkung oder Verminderung des ursprünglichen Nervenstromes in dem außerhalb des

umgeschnürten Fadens gelegenen Nervenstücke aus. Die Wirkung dieser Unterbrechung des Nervenmarkes im lebenden Körper können wir aus der Jedem bekannten Erscheinung des Einschlafens der Glieder beurtheilen, das stets nur durch Druck auf die Nervenstämme erzeugt wird. Geht dieser Druck so weit, daß der Inhalt der Nervenröhren für eine Zeit lang in seiner Continuation unterbrochen wird, so versagen die Nerven jeden Dienst. Das Glied ist völlig unempfindlich und zuweilen selbst so unbeweglich, daß bei plötzlichem Aufstehen der Mensch, dessen Beine eingeschlafen sind, hinfällt. Erst allmählich stellt sich die Leitung wieder her, die dann mit abnormen Erregungszuständen, Prickeln, Ameisenlaufen und unwillkürlichen Zuckungen verbunden ist.

Die bis jetzt angestellten Untersuchungen leiten fast nothwendig zu dem Schlusse: daß der zu jeder Zeit seines Lebens thätige Nerv Kräfte entwickelt, die in chemischen Umsetzungen des Nerveninhaltes ihren Grund zu haben scheinen, und daß diese Kräfte, die der Ernährungsprozeß in den Nerven erzeugt, wahrscheinlich elektrische sind. Alle Erscheinungen sprechen dafür, daß jede Einwirkung, welche die Zusammensetzung des Nerven beeinträchtigen kann, auch auf seine Erregung schwächend einwirkt, während wieder die Wirkungen der Nervenkräfte mit denjenigen der Elektrizität in vollkommenem Einklange stehen. Der einzige Einwurf, welchen man gegen diese Ansicht vorbringen könnte, beruht auf der Verschiedenheit der Leitungsgeschwindigkeit, die bekanntlich bei der Elektrizität 422 Millionen Meter in der Sekunde beträgt, also auf den Nerven übertragen vollkommen unmeßbar erscheint. Freilich können wir auch dem gewöhnlichen Sprachgebrauche nach die Leitung der Erregung innerhalb der Nerven eine unendlich schnelle nennen; genauere Untersuchungen haben indeß bewiesen, daß der Zeitunterschied, der durch die Leitung innerhalb der Nerven bedingt wird, zwar verschwindend klein, aber doch nicht unmeßbar ist. Man hat diese Geschwindigkeit direkt in der Art gemessen, daß man einen eigenthümlichen Apparat anbrachte, der unendlich kleine Zeit-

räume noch mit Sicherheit angab, und man hat auf diese Weise gefunden, daß die mittlere Geschwindigkeit der Fortpflanzung in den Nerven 61,5 Meter in der Sekunde beträgt. Auch auf indirektem Wege hat man solche Messungen vorgenommen, die sogar auf noch größere Geschwindigkeitswerthe führen. Hält man den Zeigefinger an ein gezahntes Rad, das sich in raschem Schwunge dreht und somit der empfindenden Hautstelle eine Reihe von einzelnen Stößen ertheilt, so empfindet man noch deutlich hundert Stöße in der Sekunde, während darüber hinaus die Empfindung in einem Gesammteindruck verschwindet. Schlägt man nun den Weg der empfindenden Primitivröhren von der Spitze des Zeigefingers bis zu ihrer Einpflanzung in das Gehirn auf einen Meter an, so würde sich daraus eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von hundert Metern in der Sekunde ergeben, vorausgesetzt, daß man die Uebertragung der Erregung auf das Bewußtsein als keiner Zeit bedürfend ansehe. Wahrscheinlich ist es aber, daß diese Uebertragung ebenfalls noch ein gewisses Zeitmoment nöthig hat, wodurch denn die Fortpflanzungsgeschwindigkeit noch größer ausfallen würde. Diese bleibt aber dennoch, wie man sieht, weit hinter derjenigen der Elektrizität zurück, und es würde dies ein wesentlicher Einwurf gegen unsere Ansicht sein, wenn nicht die übrigen Untersuchungen darthäten, daß der Nerve nicht als ein einfacher leitender Körper angesehen werden kann, sondern aus einer unendlichen Menge von Molekülen besteht, deren jedes von einem elektrischen Strome umkreist ist, so daß die Leitung in der Nervenmasse nicht eine direkte, sondern eine indirekte ist.

Betrachtet man die Funktionen der Nerven im Ganzen, so geht schon aus dem anatomischen Verhalten hervor, daß in den peripherischen Nervenfasern durchaus keine prinzipielle Verschiedenheit gegeben ist, sondern die Verschiedenheit ihrer Funktion von den beiden Enden, dem peripherischen Organe einerseits und dem centralen Ende andrerseits abhängt. Die Mittel, welche eine Erregung bedingen, können, wie wir gesehen haben, außerordentlich verschieden sein, die Wirkung der Erregung selbst

aber wird nur dann verschieden sein, wenn das Organ, in dem der Nerve endet, und die Stelle, von welcher er im Centralnervensysteme ausgeht, verschieden sind. Wenn wir demnach von bewegenden, empfindenden und Sinnesnerven gesprochen haben, so darf man, wie wir schon oben erwähnten, diese Ausdrücke nicht auf die Nervenröhren selbst beziehen, sondern nur auf die Endpunkte, zwischen welchen sie ausgespannt sind. Früher glaubte man allerdings, daß eine jede Nervenprimitivröhre, wie man sich ausdrückte, eine spezifische Energie besitze, d. h. nur Eindrücke von besonderer Art leite; man hat sich aber von dem Ungrunde dieser Ansicht überzeugen müssen. Der Sehnerve leitet allerdings nur Lichtempfindungen, aber dies nur deßhalb, weil das Organ, in welchen er endigt: die Netzhaut des Auges, einzig zur Aufnahme des Lichtes geeignet ist. Sticht oder kratzt man die Netzhaut, wie dies zuweilen bei Operationen geschehen ist, so empfindet der Kranke keinen Schmerz, sondern nur eine Lichtempfindung. Die Netzhaut ist nicht geeignet, Schmerzenseindrücke aufzunehmen; aber auch der Stamm des Sehnerven bringt, wenn er gereizt wird, nur eine Lichtempfindung hervor. Beim Ausrotten des Augapfels sieht der Operirte in dem Momente, wo der Sehnerve durchschnitten wird, ein Feuermeer, empfindet aber keinen Schmerz. Der Hirntheil, in welchem die durch den mechanischen Eingriff erregten Sehnervenfasern enden, faßt diese Erregung eben nur als Lichtempfindung auf, mag sie eine Quelle haben, welche sie wolle. Das Gleiche findet bei Gefühls- und Muskelnerven Statt. Die Erregung pflanzt sich, wenn sie einen dieser Nerven in seinem Verlaufe trifft, nach seinen beiden Enden hin fort, wird aber nur dann von dem Bewußtsein empfunden, wenn sie zu einer empfindenden Gehirnstelle durch den Verlauf des Nerven hingeleitet wird, so wie sie umgekehrt nur dann eine peripherische Reaktion erzeugt, wenn die betroffene Nervenfaser in einem dazu geeigneten Organe, d. h. in einem Muskel endigt. Wenn wir deßhalb von centripetaler und centrifugaler Leitung in den Nervenröhren sprechen, so bezeichnen wir damit nur

diejenige Richtung des Stromes, welche eine spezifische Wirkung hervorruft, während die andere Richtung, die effektlos bleibt, aber nicht minder vorhanden ist, außer Augen gelassen wird.

Von der Verschiedenheit der peripherischen Organe, hängt sicherlich auch die Erscheinung ab, daß die Nerven qualitativ sehr verschiedene Empfindungen in ihrer Eigenthümlichkeit dem Centralorgane zuleiten. Die Empfindungen, welche unsere Hautnerven uns mittheilen, sind nicht stets dieselben und durch Abstufungen von Mehr oder Minder bedingt, sondern es finden sich darin qualitative Verschiedenheiten der mannichfachsten Art. Man fühlt nicht nur die Härte oder die Gestalt der Oberfläche eines Körpers, man empfindet auch seine Temperatur und hat eine gewisse Schätzung für sein Gewicht; man sieht nicht nur Licht und Finsterniß, sondern auch Farben und deren Nüancen; man hört nicht nur den musikalischen Ton, dessen Schwingungen unser Ohr auffaßt, sondern man unterscheidet auch an dem eigenthümlichen Klange, seinem Timbre, aus welchem Instrumente der Ton hervorgeht. Legt man aber den Hautnerven in seinem Verlaufe bloß, oder schneidet man ihn durch und reizt dann das durchschnittene Ende, so wird nur Schmerz empfunden, selbst wenn die Reizung durch ein Stück Eis geschieht. Ebenso erzeugt der Sehnerve bei seiner Durchschneidung oder bei anderen Erregungszuständen nur im Allgemeinen Licht, nicht aber bestimmte Farben.

Die Erregbarkeit der Nervenmasse selbst kann zu verschiedenen Zeiten eine äußerst verschiedene sein, und hierauf beruht auch zum großen Theile die Verschiedenheit der Empfindungen namentlich in subjektiver Hinsicht. Man kann leicht durch Versuche zeigen, daß die Erregbarkeit eines Nerven sich erschöpft und nach der Erschöpfung wieder neu sich sammelt, wenn man dem Nerven Ruhe gönnt. Setzt man z. B. die Durchleitung elektrischer Schläge durch den Nervenstamm eines Froschschenkels eine gewisse Zeit hindurch fort, so entstehen endlich keine Zuckungen mehr; läßt man den Froschschenkel aber einige Zeit ruhig liegen, so antwortet er dann wieder durch Zuckungen auf wie-

derholte Schläge. Alle Reize, die auf den Nerven angebracht werden, können bei öfterer Wiederholung denselben eben so gut schwächen und erschöpfen, wie auch andererseits absolute Ruhe und Unthätigkeit dieselbe Folge haben kann. Jeder Arzt weiß aus Erfahrung, daß ein Kranker, der mit gebrochenem Beine ein oder zwei Monate lang hat ruhig liegen müssen, nach der Heilung auch das gesunde Bein nicht gehörig zu benutzen versteht, schnell ermüdet und von Neuem mit demselben gehen lernen muß. Wechselnde Zustände des Organismus überhaupt üben auf die Erregbarkeit, auf den Widerstand gegen die Erschöpfung den größten Einfluß aus, und es ist gar nicht gesagt, daß größere Erregbarkeit auch schnellere oder langsamere Erschöpfung im Gefolge habe. Beide Zustände scheinen im Gegentheile ganz unabhängig von einander zu sein und mit durchaus verschiedenen Verhältnissen in Folgebeziehung zu stehen. Die Erhaltung der Erregbarkeit in dem Nerven selbst hängt einestheils von der Erhaltung desjenigen Wärmegrades ab, in welchem sich der Nerv in dem Thiere befindet, anderentheils aber auch wesentlich von dem Zuflusse des arteriellen Blutes, das, wie es scheint, die für einen Augenblick durch die Funktionsäußerung modifizirte Zusammensetzung der Nervensubstanz augenblicklich wiederherstellt. Der Zufluß arteriellen Blutes zu dem Gehirne ist die nothwendige, unerläßliche Bedingung für die Thätigkeit dieses Organes, und eine Menge krankhafter Erscheinungen beruhen einzig und allein auf dem Mangel dieser Zufuhr. Die Betäubung, welche dem Erstickungstode vorangeht, mag derselbe nun durch Zuschnüren der Luftröhre oder durch Einathmen solcher Gasarten erzeugt werden, welche dem Blute keinen Sauerstoff zuführen, beruht immer auf demselben Grunde: daß die Verwandlung des venösen Blutes in arterielles nicht Statt findet, das Hirn demnach nur von dunklem Blute gespeist wird, welches die Erregbarkeit der Nervenmasse nicht länger erhält. Wenn der Kopf eines Enthaupteten unmittelbar nach der Trennung vom Rumpfe keine Empfindung und kein Bewußtsein mehr hat, was übrigens noch sehr die Frage ist, so liegt dieses nur

in dem plötzlichen Herausstürzen des arteriellen Blutes aus den durchschnittenen Adern und in der vollständigen Blutlosigkeit des Organes. Unterbindet man einem Thiere die Bauchschlagader, so daß kein arterielles Blut mehr in die hinteren Extremitäten einströmt, so sind diese nach wenigen Minuten vollständig in Empfindung und Bewegung gelähmt.

Die Wirkungsweise des Aethers und des Chloroforms beruht theilweise auch auf der Herabsetzung der Zufuhr arteriellen Blutes, obgleich diese nicht den einzigen Grund derselben einschließt. Man hat beide Substanzen in der neueren Zeit nur allzuhäufig bei schmerzhaften Operationen angewendet, um eben den Schmerz gänzlich aufzuheben, und man hat dabei viel zu sehr außer Acht gelassen, daß man dem Individuum den Schmerz nur dadurch ersparen konnte, daß man es einer dringenden Lebensgefahr aussetzte. Früher war diese Gefahr geringer, wo man noch Einathmung von Aether anwandte, dessen Dämpfe weit weniger tief eingreifen, als diejenigen des Chloroform, dem man in der neuesten Zeit wegen der Leichtigkeit der Anwendung den Vorzug gegeben hat. Während man zum Einathmen des Aethers complizirte Apparate und eine länger fortgesetzte Einathmung bedarf und zuweilen nur unvollständige Wirkungen hervorbringt, ist man zwar bei dem Chloroform sicher, mittelst einiger auf ein Taschentuch gegossener Tropfen die Wirkung zu erzielen, kann aber auch weit weniger den Grad des Erfolges ermessen. Trotz aller Vorsichtsmaßregeln häufen sich die Todesfälle in bedeutendem Maße, und es heißt wirklich mit dem Leben auf die leichtsinnigste Weise spielen, wenn man wegen eines vorübergehenden Schmerzes, wie z. B. beim Zahnausreißen, das Chloroform anwendet. Die Erscheinungen sind bei beiden Mitteln etwa dieselben. Zuweilen geht eine kurze Aufregung vorher, während welcher die Respirationsbewegungen heftiger sind und auf den Puls, die Stärke und Höhe der Pulswellen einen bedeutenden Einfluß üben. Dann aber folgt eine längere Zeit, während welcher die Sinneseindrücke nicht mehr empfunden, die Schmerzen nicht mehr gefühlt werden, und das

Gehirn in dem Zustande eines tiefen Traumes sich befindet. In dieser Periode sinkt der mittlere Blutdruck oft bis auf die Hälfte seiner normalen Höhe, und der Einfluß der Athmung, die zugleich seltener wird, auf die Höhe der Pulswelle tritt stets weniger deutlich hervor. Schreitet die Wirkung fort, so tritt vollständige Bewußtlosigkeit, Röcheln, endlich Stillstand des Athmens und zuletzt sogar völliger Stillstand des Herzens und damit nach einiger Zeit der Tod ein. Die Lähmung schreitet von dem Gehirne nach dem Rückenmarke fort; man kann nachweisen, wie allmählich die Reflexbewegungen schwinden und die Empfänglichkeit der Nerven aufhört. Auch bei lokaler Applikation und ohne Vermittelung des Centralnervensystemes üben Aether und Chloroform diese zerstörende Wirkung auf die Nervenerregbarkeit aus, und bei allen Erscheinungen, wie namentlich auch beim Einflusse des Athmens auf die Cirkulation, gewahrt man stets, daß das Chloroform das tiefer eingreifende, rascher wirkende und weitaus gefährlichere Mittel ist.

Einen wesentlich verschiedenen Einfluß auf die Stimmung des Nervensystemes im Allgemeinen, seine Empfänglichkeit und Erregbarkeit, haben andere Mittel, unter welchen die Brechnuß und das in ihr befindliche wirksame Prinzip, das Strychnin, weit voransteht. Hat man einen Frosch mit Strychninlösung vergiftet, so treten bald entsetzliche Krämpfe in allen Muskeln ein. Bei der leisesten Erschütterung, bei der geringsten Berührung gerathen alle Muskeln in die heftigsten Zuckungen, die zuletzt in einen allgemeinen Starrkrampf übergehen. Die Strychninlösung wirkt eben so gut von dem Blute aus, bei direkter oder indirekter Aufnahme in die Cirkulation, wie bei unmittelbarer Applikation auf die centralen Nervenorgane, und die Menge von Strychnin, welche hinreicht, diesen Zustand allgemeiner Erregung und übermäßiger Krampfzuckungen zu erzeugen, ist fast verschwindend klein. Ist die Dosis des Giftes nur sehr gering gewesen, so kann sich das Thier wieder erholen, behält aber noch lange Zeit eine übermäßige Empfindlichkeit bei. Ganz ähnliche Einflüsse, wie die erwähnten, können indeß auch durch

besondere Zustände des Organismus geübt werden. Die Empfänglichkeit der Nerven kann in solcher Weise gesteigert sein, daß die geringste Erregung die heftigste Reaktion in dem ganzen Muskelsystem, die bedeutendsten Schmerzen, die lebhaftesten Krämpfe und ähnliche Wirkungen hervorruft. Viele Erscheinungen des sogenannten thierischen Magnetismus, sowie die ganze Reihe von Unsinn, den man unter dem Titel der odischen Erscheinungen in die Welt hinein gequalmt hat, beruhen lediglich auf einer gesteigerten Nervenerregbarkeit, durch welche Empfindungen und Eindrücke, die in dem gewöhnlichen Leben spurlos vorübergehen, dem Bewußtsein mitgetheilt werden. Ich habe eine Frau beobachtet, die durch Tage langes heftiges Erbrechen an den Rand des Grabes gebracht worden war und wo man eine Magenkrankheit vermuthete, während nur beginnende Schwangerschaft die Ursache der abnormen Magenreizbarkeit war. Bei gänzlicher Erschöpfung des Körpers war das Nervensystem in einem solchen Zustande gesteigerter Erregbarkeit, daß die Kranke nicht nur die Tritte der Dorfbewohner hörte, wenn ich sie kaum sehen konnte, sondern auch die einzelnen Personen, welche über die Straße gingen, ihren Tritten nach unterschied. Wie man sieht, brauchte diese Empfänglichkeit nur noch um ein Geringes sich zu steigern, um Erscheinungen herbeizuführen, die man, besonders wenn man mit betrügerischen Personen zu thun gehabt hätte, als magnetisches Hellsehen würde bezeichnet haben.

Wir sind so derjenigen Sphäre näher getreten, in welcher das letzte Räthsel der Nervenwirkungen überhaupt liegt, und wir dürfen uns fragen: in welchem Verhältnisse die Funktionen der peripherischen Körpernerven überhaupt zu derjenigen Funktion der Centraltheile stehen, die man mit dem Namen der Seelenthätigkeit zu bezeichnen gewohnt ist.

Es kann nicht geläugnet werden, daß der Sitz des Bewußtseins, des Willens, des Denkens endlich einzig und allein in dem Gehirne gesucht werden muß; allein in welcher Weise nun dort die Räder der Maschine in einander greifen, dies zu bestimmen, ist uns vor der Hand unmöglich gewesen. Wodurch

es geschehen kann, daß ich meinen Willen gerade auf die Vollziehung dieser oder jener Bewegung lenke; ob dies Folge einer besonderen Lokalisation des Willens, ob nur das Resultat einer bestimmten, der bewegenden Thätigkeit zu verleihenden Richtung ist, dies zu entscheiden liegt außer dem Bereiche unserer heutigen Kenntnisse. Was man deßhalb auch von den Beziehungen der Gehirnsubstanzen zu den Nervenverrichtungen sagen möge, es ist besser, hier unsere Unwissenheit zu gestehen und nicht weiter zu gehen, als die Erfahrung und der Versuch uns geführt haben.

Noch viel weniger können wir von der Beziehung der Geistesthätigkeiten zu dem Gehirne sagen, wenn auch Gall'sche Phrenologie und *Carus*'sche Cranioskopie die Räthsel gelöst zu haben sich brüsten. *Ein jeder Naturforscher wird wohl, denke ich, bei einigermaßen folgerechtem Denken auf die Ansicht kommen: daß alle jene Fähigkeiten, die wir unter dem Namen der Seelenthätigkeiten begreifen, nur Funktionen der Gehirnsubstanz sind; oder, um mich einigermaßen grob hier auszudrücken: daß die Gedanken in demselben Verhältniß etwa zu dem Gehirne stehen, wie die Galle zu der Leber oder der Urin zu den Nieren. Eine Seele anzunehmen, die sich des Gehirnes wie eines Instrumentes bedient, mit dem sie arbeiten kann, wie es ihr gefällt, ist ein reiner Unsinn* *); man müßte dann gezwungen sein,

*) Mit Absicht habe ich diese Stelle durchaus in ihrer ursprünglichen Gestalt gelassen, weil sie nicht bei ihrem Erscheinen, nicht während einiger Jahre, innerhalb welcher das Buch, ich kann wohl sagen, allgemeine Verbreitung und Anerkennung gefunden hatte, sondern erst lange nachher, als man glaubte einer Waffe zu bedürfen, zum Gegenstande der heftigsten Angriffe geworden ist. Die Rechtfertigung der ganzen Ansicht, auf welcher jeder Fortschritt heutigen Tages beruht, liegt freilich in ihr selbst. Da man aber behauptet hat, sie sei verabscheut, verlassen, von jedem ächten Naturforscher bei Seite gelegt, so erlaube ich mir hier, einige Stellen anzuführen, die mit jener Behauptung wohl nicht im Einklang stehen dürften.

Moleschott, nachdem er den obigen Satz angeführt, fährt fort: „Der Vergleich ist unangreifbar, wenn man versteht, wohin *Vogt* den

auch eine besondere Seele für eine jede Funktion des Körpers anzunehmen, und käme so vor lauter körperlosen Seelen, die über die einzelnen Theile regierten, zu keiner Anschauung des

Vergleichungspunkt verlegt. Das Hirn ist zur Erzeugung der Gedanken eben so unerläßlich, wie die Leber zur Bereitung der Galle und die Niere zur Abscheidung des Harns. Der Gedanke ist aber so wenig eine Flüssigkeit, wie die Wärme oder der Schall. Der Gedanke ist eine Bewegung, eine Umsetzung des Hirnstoffs, die Gedankenthätigkeit ist eine eben so nothwendige, eben so unzertrennliche Eigenschaft des Gehirns, wie in allen Fällen die Kraft dem Stoff als inneres, unveräußerliches Merkmal innewohnt. Es ist so unmöglich, daß ein unversehrtes Hirn nicht denkt, wie es unmöglich ist, daß der Gedanke einem anderen Stoff als dem Gehirn als seinem Träger angehöre." (Moleschott, der Kreislauf des Lebens, Mainz 1852, Seite 402.) Ein anderer Physiologe drückt sich folgendermaßen aus: „Sitz der Seele. Die Apparate, welche die Bedingungen der seelischen Leistungen enthalten sollen, werden verschieden gedeutet. Nach der einen Gruppe der Hypothesen liegt den geistigen Funktionen eine besondere Substanz, die Seele, zu Grunde, welche, dem Lichtäther ähnlich, zwischen den wägbaren Massen der Hirnsubstanz schwebt, und mit dieser so verkettet ist, daß ihre Veränderungen mit denjenigen der Hirnsubstanz Hand in Hand gehen, wie das auch der Physiker vom Lichtäther und den ihn umgebenden Stoffen annehmen muß. Damit aber diese Hypothese alle Erscheinungen erläutere, verlangt sie den nicht mehr naturwissenschaftlich zu rechtfertigenden Zusatz, daß der Seelenäther aus inneren Gründen (willkürlich) veränderlich sei. — Die Anhänger der zahllosen Abstufungen realistischer Weltanschauung haben sich, insofern sie sich überhaupt zur Bildung einer Vorstellung entschließen konnten, darüber geeinigt, daß die Seelenerscheinungen resultiren aus einer gewissen Summe im Hirn und Blut enthaltener Bedingungen, weil mit dem Entstehen, der Entwickelung und dem Vergehen des Hirns und mit dem Wechsel in der Blutzusammensetzung Verstand, Empfindung und Wille kommen, schwinden oder sich ändern. Wer den Schluß aus Analogieen gelten läßt und durch seine Kenntnisse befähigt ist zu gründlichen Vergleichungen der Seelenerscheinungen mit den übrigen Naturereignissen, wird, wenn er wählen müßte, nicht zweifelhaft sein, welcher von beiden Meinungen er beistimmen soll; — wer aber einen unumstößlichen Beweis für eine der beiden Anschauungen verlangt, wird eingestehen, daß er noch nicht geliefert sei." (Ludwig, Professor in Zürich: Physiologie des Menschen, Seite 452, Heidelberg 1853.) — Ein Dritter läßt sich also vernehmen: „Die Existenz des Nervenstroms tritt nur in zwei verschiedenen Weisen im Naturprozeß auf, indem entweder der Ner-

Gesammtlebens. Gestalt und Stoff bedingen im Körper überall die Funktion und jeder Theil, der eine eigenthümliche Zusammensetzung hat, muß auch nothwendig eine eigenthümliche Funktion haben.

Der Satz, daß die sogenannten Seelenthätigkeiten nur Funktionen der Gehirnsubstanz sind, bildet die natürliche Basis der Phrenologie, welche außerdem auch die einzelnen Seelenthätigkeiten auf bestimmte Hirntheile zu lokalisiren und von der Entwickelung dieser Hirntheile auch diejenige der Seelenthätig-

venstrom in für ihn nicht leitungsfähige Elementarcombinationen einströmt, hier mechanische Kräfte auslöst und dadurch palpable Effekte hervorbringt; oder zweitens, indem er aus der ihn leitenden Neurinesubstanz nicht heraustretend, vielmehr in besonderen Nerven-Apparaten, welche wir Gehirn nennen, sich sammelt, und denjenigen Zustand bildet, den wir alle als Bewußtsein kennen. — — — Das Haupthinderniß, welches aber der unbefangenen und natürlichen Erklärung der Innervationsphänomene des Organismus im Wege steht, ist dieß, daß wir gewisse falsche Begriffe über die sogenannten Seelenthätigkeiten mit der Muttermilch aufgesogen haben, welche falsche Begriffe uns die Seelenthätigkeit als etwas mit dem natürlichen Prozeß der Welt überall nicht Zusammenhängendes, sondern als ein Ding sui generis, als etwas spezifisch von der übrigen sogenannten materiellen Natur Verschiedenes darzustellen suchen. So kommt es, daß selbst ausgezeichnete Physiologen, sobald ihnen die Naturwissenschaft zeigt, daß das Gehirn das Organ der Seele eben so unabweislich ist, wie die Leber das Organ der Gallenbildung, sobald sie also bei dem Widerspruch angekommen sind, in welchem sich ihre Wissenschaft und ihre anerzogenen dogmatischen Vorstellungen befinden, nicht auf dem Wege der Wissenschaft fortschreiten, vielmehr stehen bleiben und diesen Widerspruch ein den jetzigen Hülfsmitteln der Wissenschaft noch unlösliches Problem nennen." — Dies letztere steht aber zu lesen in einem Aufsatze : Ueber die Hirnfunktion von Dr. L. Fick, P. P. O. in Marburg und ist gedruckt in dem Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin, 1851, Seite 414, herausgegeben von Joh. Müller, k. preuß. geh. Rathe und Professor in Berlin. Was mich selbst betrifft, so kann ich nur einfach hinzufügen, daß ich zwar die Behauptung aufgestellt habe, es müsse jeder Naturforscher bei folgerichtigem Denken zu solchen Schlüssen kommen; — daß ich aber niemals behauptet habe, daß es keine Naturforscher ohne folgerichtiges Denken, keine blödsinnige oder vernagelte Menschen unter den Naturforschern gebe.

keiten selbst abhängig zu machen sucht. Merkwürdig erscheint es allerdings, daß gerade diejenigen Völker, welche dem Dogma, wenn auch in individueller Weise ausgebildet, die größte Anhänglichkeit zeigen, wie die Engländer und Amerikaner, sich mit Vorliebe dieser rein materialistischen Grundlage der Psychologie zugewendet haben, während in Deutschland die ursprünglich deutsche Lehre nach und nach allen Boden verloren hat. Wenn man aber auch die Ergebnisse, welche diese sogenannte Wissenschaft bis jetzt geliefert haben soll, als durchaus unbewiesen bei Seite setzen muß, so kann man doch nicht umhin, anzuerkennen, daß die Phrenologie insofern eine feste Grundlage hat, als sie von dem Satze ausgeht: daß die Qualität und Quantität der Hirntheile auch die Art und Weise unseres Denkens bestimmen müsse, daß von dieser oder jener Bildung auch diese oder jene geistigen Fähigkeiten, Triebe und Leidenschaften nothwendig abhängen müssen; daß die Handlungen der Menschen nichts Anderes sind, als Resultanden, hervorgegangen aus der physischen Grundlage und aus der jeweiligen Ernährung und Umsetzung der Hirnsubstanz. In diesen Prinzipien liegt das Wahre der Phrenologie; das Falsche, Unerwiesene, auf unwissenschaftlichem Boden Aufgeführte liegt in der Anwendung dieser Prinzipien im praktischen Felde.

Die Gall'sche, von vielen Anderen später theils modificirte, theils erweiterte Phrenologie bezeichnete willkürlich Regionen am Kopfe, welche die Lokalisation der einzelnen Fähigkeiten im Gehirne anzeigen sollten. Ein solcher Kopf, auf dem in niedlichen Feldern Muth, Diebssinn, Ortssinn und noch etwa fünfzig andere Sinne verzeichnet sind, nimmt sich gar nett und anschaulich aus. Stand eine bezeichnete Region auf irgend einem Schädel als Hügel oder Vorsprung vor, so hatte der Mensch die dort logirte Fähigkeit in hohem Grade entwickelt besessen; war die Gegend abgeflacht oder vertieft, so war besagte Fähigkeit entweder gar nicht oder nur schwach entwickelt. Schon diese Ansicht, daß der Schädel in seinen äußeren Umrissen genau die inneren Verhältnisse nachahme und somit die Conformation des Schädels auch diejenige des Gehirnes zeige; schon diese Ansicht

ist durchaus unhaltbar. Der Schädel ist keine Schachtel, die in allen ihren Theilen gleichförmig dick ist; er hat bestimmte Stellen, wo er dünner, andere, wo er dicker ist, und die Verhältnisse seiner Dicke an verschiedenen Stellen schwanken in ziemlich weiten Gränzen. Bei dem Einen ist die Stirn dicker als das Hinterhaupt, bei dem Andern findet das Umgekehrte statt, und man braucht nur den ersten besten in verschiedenen Richtungen zersägten Schädel zu betrachten, um sich zu überzeugen, daß die äußeren Umrisse durchaus noch nicht diejenigen der inneren Höhlung wiederholen, sondern daß nur im Großen Aehnlichkeit Statt findet.

Wäre demnach auch die Lokalisation der einzelnen Fähigkeiten in den verschiedenen Gehirnstellen so, wie die Phrenologie sie annimmt, so würde es dennoch unmöglich sein, dieselben an dem äußeren Schädel auszutasten, eben weil dieser kein Abklatsch der Gehirnoberfläche ist. Leider aber ist diese Lokalisation nur eine Reihe von Glaubensartikeln, die, wie jeder Glaube, auf keinem faktischen Beweise beruhen. Der musikalische Sinn wurde an diese oder jene Stelle gesetzt, weil es zur Zeit Gall's zufällig einen mit ihm befreundeten Musiker gab, dessen Schädel an der auserfehenen Stelle einen Höcker hatte; der Zerstörungstrieb wurde einem berühmten Mörder abgetastet, und was all' der sogenannten Erfahrungen mehr sind. Die oberflächlichen Gehirnwunden, wobei oft bedeutende Mengen von Gehirnsubstanz verloren wurden, ohne sichtlichen Erfolg auf die Geistesfähigkeiten, beweisen im Gegentheil, daß eine solche ängstliche Lokalisation der Geistesfähigkeiten in den Gewölbtheilen des Gehirnes durchaus nicht vorhanden ist, sondern daß hier allgemeinere Bedingungen vorwalten, deren Verhältnisse wir noch nicht zu bestimmen im Stande sind.

Die Funktionen der Centraltheile des Nervensystemes sind überall in der ganzen Thierreihe an eine gewisse Periodicität gebunden, deren abwechselnde Zustände man mit dem Ausdrucke Schlafen und Wachen bezeichnet. Ich habe nie einsehen können, warum man nur dem Menschen, den Säugethieren und den

Vögeln den wahren Schlaf will zukommen lassen und die übrigen Thiere schlaflos umherjagt. Die meisten Reptilien ruhen eine große Zeit des Tages über; daß die Eidechsen, die Krokodile in der Sonne schlafen, weiß Jeder, der solche Thiere beobachtet hat; Fische fängt man im Schlafe mit den Händen; Mollusken, Krebse und andere Gliederthiere gehen meist nur des Nachts auf Nahrung aus und schlafen bei Tage. Die Zeit thut hier nichts zur Sache — ist die Eule etwa schlaflos, weil sie bei Nacht fliegt? Wenn diejenigen Thiere, welche den Meeresstrand bewohnen, beim Ablauf der Ebbe ihre Gehäuse schließen, sich einrollen und tief zurückziehen, um unbeweglich die Rückkehr der Fluth zu erwarten, glaubt man, daß sie dann wachen und philosophische Betrachtungen über den Einfluß des Mondes auf die Bewegung des Wassers anstellen? Ich weiß nicht, wie man diese und viele andere Erscheinungen bisher aufgefaßt hat; aber so viel weiß ich, daß mir noch kein Thier vorgekommen ist, bei welchem man nicht abwechselnde Zustände hätte beobachten können, die mit Wachen und Schlafen übereinkommen.

Die Erscheinungen des Schlafes sind einem Jeden bekannt; das Sandmännchen in den Augen, das Gähnen, das Suchen nach Ruhe und bequemer Lage, die allmähliche Abschließung gegen die äußeren Eindrücke sind zu oft von uns allen erfahren worden, als daß man daran zu erinnern brauchte. Ein Jeder weiß auch, daß lebhafte Sinnenreize länger wach erhalten, daß öfteres Bespritzen mit kaltem Wasser, grelles Licht, rauschende Musik am Einschlafen hindern, während ruhige Weisen, gleichförmiges Rauschen eines Wasserfalles, Murmeln eines Baches, vor allem aber langweilige monotone Unterhaltungen unwiderstehlich einschläfern. Indeß giebt es auch Erscheinungen, die meist dem Schlafe vorangehen, und welche von den meisten Menschen unbeachtet gelassen werden, da sie weniger in die äußere Beachtung treten. Man sieht unbestimmte verwachsene Punkte vor den geschlossenen Augen, Nebel, leuchtende Punkte, hellere Massen, die vor dem Gesichtskreise umhergaukeln; deren Spiel den Schlaf

immer mehr herbeiführt und deren Beachtung viel Selbstüberwindung und Reflexion kostet.

Im Schlafe selbst gehen alle Funktionen des vegetativen Lebens ungestört vor sich; nur tritt offenbar eine gewisse Abspannung und daherige größere Langsamkeit der Bewegungen ein. Das Herz schlägt ruhiger; die Athemzüge werden langsamer und tiefer; die Bewegungen des Darmes ohne Zweifel langsamer und die Verdauung dadurch anhaltender; — „wer schläft, der ißt,“ sagt ein altes Sprüchwort. Auffallender sind die Erscheinungen im animalen Leben. Das Bewußtsein ist verringert, wenn auch nicht durchaus geschwunden, und gerade durch diese Stumpfheit des Bewußtseins und den mangelnden Zusammenhang desselben mit den übrigen Thätigkeiten wird der Schlaf bedingt. Ein Schlafender hört, fühlt und sieht in materieller Hinsicht eben so gut, als ein Wachender; sein Hörnerve nimmt die Schallwellen, sein Gefühlsnerve die Schmerzensempfindung durchaus eben so auf, wie wenn vollkommenes Wachen vorhanden wäre; aber die Vermittelung der Empfindung fehlt, und wenn sie geschieht, so erfolgt sie falsch, unrichtig, verwirrt. Ein Gleiches findet Statt mit den Bewegungen. Wir ändern sehr gut im Schlafe eine unbequeme Lage; schlagen im Traume um uns; der träumende Jagdhund bewegt die Füße zum Laufen; aber die Bewegungen sind unkräftig, unbestimmt, eben so unsicher und ungeregelt, wie die Empfindungen.

Daß die Empfindungen im Schlafe durchaus in ihrer ganzen Intensität von den Nerven empfangen, nicht aber von dem Bewußtsein eben so aufgefaßt werden, geht aus den vielfachsten Erscheinungen hervor. Das leiseste ungewohnte Geräusch kann erwecken, während starke Töne, an welche man gewohnt ist, den Schlaf ungestört lassen. Jeder Lärmen, der anfangs wach erhielt und den Schlummer störte, wird endlich durch die Gewohnheit unschädlich. Die Empfindungen werden aber durch das phantastische Spiel der Seele, das wir als Traum bezeichnen, nicht in ihrer Realität, sondern in Verbindung mit Vorstellungen aufgefaßt, welche unser Gehirn daran knüpft. Auf diese Weise

werden äußere wie innere Empfindungen vertauscht, in seltsame Geschichte und Romane verwoben, welche sich meist auf bestimmte Erlebnisse beziehen oder auf Vorstellungen, mit welchen man sich vor längerer oder kürzerer Zeit beschäftigt hat. Jeder weiß wohl aus seiner eigenen Erfahrung, wie folgerecht oft der Traum einzelne Theile seines Gespinnstes abwickelt, um endlich zu der Conception der Empfindung selbst zu gelangen; wie er diese gleichsam einleitet, erklärt, begreiflich macht und ihr später eine Nachrede hält. Ich weiß aus eigener Erfahrung, daß ich viel träumte, als ich noch ein böser Junge war und mehr Ritterromane las und Bier trank, als meiner Phantasie und meinem Körper zusagte. Ich träumte viel von Schlachten und Kämpfen, kühnen Angriffen und klugen Rückzügen, und meist endete der Traum dahin, daß ich allein noch übrig blieb, mich in ein einsamstehendes Haus rettete und dort in ein Bette kroch, in dem ich still und regungslos liegen blieb. Oft entschlüpfte ich so; zuweilen aber entdeckte der Feind mich und ich wurde ermordet. Ich fühlte den Dolch in der Wunde, fühlte, wie mein warmes Herzblut über mich hinabrieselte — beim Erwachen fand ich das Bette durchnäßt. Kein Zweifel, daß das ungewohnte Getränk den Blasenhals reizte und das träumende Gehirn das Bedürfniß zum Uriniren in einen Roman verwob, dessen Ausgang manchmal meine Backe zahlen mußte.

Wenn indeß die meisten Träume sich in dieser Art an innere oder äußere Empfindungen knüpfen mögen, so ist doch nicht zu läugnen, daß es Traumvorstellungen giebt, die unabhängig hiervon, vielleicht von besonderen Verhältnissen des Gehirnbaues abhängen, und die immer wiederkehren, welches auch der Gegenstand sei, mit dem man sich geistig oder körperlich beschäftigt hat. Solche in unbestimmten Zeiträumen immer wiederkehrenden Traumvorstellungen werden öfter lästig, schon ihrer steten Gleichheit wegen, und sie haben das Eigenthümliche, daß man sich ihrer erinnert, wenn man auch die Erinnerung an alle andere Träume verloren hat. Ich bin bei mir selbst auf diese Erscheinungen aufmerksam geworden, und habe bis jetzt vielleicht nur ein Paar

meiner Bekannten getroffen, welche nicht ähnliche, gleichsam fixe Traumvorstellungen haben, von denen sie von Zeit zu Zeit heimgesucht werden. Bei keinem sind es dieselben, wie bei einem Andern; bei mir selbst reduciren sie sich auf zwei besondere Vorstellungsreihen. Den Grund der einen derselben habe ich finden können; er beruht in Kopfcongestionen. Bei heftigeren Anfällen von solchem Blutandrang nach dem Kopfe tritt selbst der Traum im vollkommenen Wachen ein. Es scheint mir, als würde mein Kopf zu eng; er klappt oben auf wie eine Fallthüre und das Innere wulstet sich hervor, quillt nach allen Seiten über, bläht sich auf und verliert sich in nebelgrauer Ferne. Die andere fixe Vorstellung auf einen körperlichen Zustand zurückzuführen, ist mir bis jetzt unmöglich gewesen; sie besteht, wenn ich mich so ausdrücken darf, in einer Anschauung der Unendlichkeit. Eine Bahn, einer Kegelbahn ähnlich, streckt sich vor meinen Augen aus; eine Kugel wird darauf hingeschoben, von Gestalten, deren Umrisse ich bei größter Anstrengung nie fixiren kann. Im Rollen vergrößert sich die Kugel, wächst und dehnt sich ins Unendliche, und wenn ich schon lange sie nicht mehr als Kugel sehe, so habe ich noch immer das Gefühl des Rollens und Wachsens.

Aus der Analyse solcher Vorstellungen, die bei Gesunden nur im Traume auftreten, wird es klar, wie gewisse Organisationsfehler, in deren Gefolge diese Vorstellungen auftreten, als fixe Ideen, als Narrheit und Tollheit im kranken Zustande sich gestalten können. Es zeigen aber auch diese Beispiele, wie sehr leicht materiell krankhafte Verhältnisse unseres Körpers auf den Seelenzustand einen wesentlichen Einfluß ausüben müssen, und wie dieser am Ende nur der Reflex dieser materiellen Veränderungen ist. Die falsche Vorstellung, welche der Traum im Schlafe vorführt, tritt in das Wachen über, sobald die abnorme Thätigkeit des Gehirnes überwiegt, und so wie der Amputirte auch bei der besten Ueberzeugung vom Verluste seines Fußes dennoch das Gefühl der Existenz desselben hat und im Anfange nach der Operation denselben beständig fühlt, so kann der Wahnsinnige die vollständigste Ueberzeugung von der Unrichtigkeit seiner

Vorstellung haben und dennoch von derselben nicht lassen, so lange der materielle Grund dieser Vorstellung obwaltet. Es wird aber unter solchen Umständen auch klar, wie der materielle Grund zum Wahnsinn nicht nur im Gehirne, sondern auch in andern Körpertheilen liegen kann. Eine Empfindung, die wie alle von den Eingeweiden ausgehenden Empfindungen nur unklar aufgefaßt wird von dem Bewußtsein, kann allmählich überwiegend einwirken, und so Vorstellungen erzeugen, die mit dem richtigen Gedankengange unvereinbar sind. Ich kenne einen berühmten Naturforscher, der an Magenkrämpfen leidet, die offenbar der Reflex einer organischen Destruktion sind. Er wird von Träumen, ja sogar im Wachen von unklaren Vorstellungen heimgesucht, die sich auf dies Leiden beziehen und denen er nur durch festen Willen entgegen arbeiten kann. Ein Schritt weiter und die auf solche Weise erzeugten Vorstellungen gewinnen die Oberhand.

Bei allen diesen Erscheinungen dürfen wir niemals vergessen, daß wir, trotz aller Erkenntniß der materiellen Grundlage sämmtlicher Gehirnfunktionen, dennoch stets auf ein dunkles Gebiet eintreten, sobald wir die einzelnen Erscheinungen näher analysiren wollen. Wie schon oben bemerkt, liegt der Grund der mangelhaften Analyse in der unvollständigen Kenntniß des feineren anatomischen Baues der Centralorgane. Der Schlaf zeigt uns, daß die verschiedenen Brücken, welche von den peripherischen Nerven bis zu dem Bewußtsein hinleiten, selbst bei geregelter Fortdauer der vegetativen Lebenserscheinungen auf kürzere oder längere Zeit bei normalen Gesundheitszuständen abgebrochen werden können; — die abnormen Stimmungs- und Erregungszustände des centralen Nervensystemes führen noch zu ferneren Schlüssen, wonach die verschiedenen Apparate bald für sich vereinzelt, bald in abnormer Verbindung in Funktion treten können. Die Empirie geht unter solchen Umständen meist der Wissenschaft voraus, indem sie Thatsachen zeigt, deren Gründe vor der Hand, bei mangelhafter Kenntniß, noch nicht darlegbar sind

und deren Erklärung meist sich von selbst ergiebt, sobald die Grundlagen der Erkenntniß hergestellt sind.

Ich will hier auf den sogenannten thierischen Magnetismus hindeuten. Die Erklärungen, welche man von dieser »Nachtseite der Natur« zu geben versucht hat, die Beziehungen, welche man in den beobachteten Erscheinungen zu Elektricität und Magnetismus zu finden geglaubt hat, können nicht vor dem Richterstuhle der einfachsten physikalischen Kritik bestehen; die Abgeschmacktheiten, Lügen und Thorheiten, womit man diese Dinge verbrämt hat, erklären hinlänglich den Widerwillen solcher Beobachter, welche vor jedem Beginne einer Untersuchung einen festen Boden verlangen, von dem aus sie zu Resultaten gelangen können. Dazu kommt die Abneigung, sich mit abgefeimten, verschmitzten Betrügern und Betrügerinnen abzugeben. Alles dies hindert aber nicht, anzuerkennen, daß Thatsachen vorliegen, welche nachweisen: daß eigenthümliche Zustände im centralen Nervensystem theils durch den eigenen Willen, theils durch besondere Manipulationen Anderer, theils endlich durch krankhafte Ursachen erzeugt werden können, in welchen in einzelnen Sphären der Nervenfunktionen wie im gesammten Kreise derselben Effekte eintreten, ähnlich denen, welche durch Schlaf, Chloroform, Strychnin erzeugt werden. Oben wiesen wir darauf hin, wie erhöhte Nervenreizbarkeit Sinnesempfindungen wahrnehmen lassen kann, die bei gewöhnlicher Stimmung nicht wahrnehmbar sind. Eine große Menge der sogenannten magnetischen Erscheinungen beruht auf dieser erhöhten Reizbarkeit. Anderseits können Erscheinungen hervorgerufen werden, wie die Catalepsie, die Lähmung einzelner Körpertheile, die Empfindungslosigkeit, welche beweisen, daß gewisse Hirntheile außer Stande sind, ihre normale Funktion zu verrichten. Der Stoicismus eines Mädchens, welches von sich sprechen machen will, kann freilich weit gehen — die Geschichte der Medizin hat Beispiele genug der scheußlichsten Selbstqualen, welche solche Geschöpfe sich anthaten, um einen Leichtgläubigen förmlich zum Narren zu haben —; aber diese Herrschaft des Willens über den Schmerz kann nicht so weit gehen, reflektorische,

dem Willen nicht unterworfene Bewegungen einzuhalten. Und doch kann man bei Magnetisirten beobachten, daß das weit geöffnete Auge unempfindlich gegen das Licht ist und die Pupille selbst beim plötzlichen Annähern einer Kerze unbewegt stehen bleibt. Hier müssen diejenigen Hirntheile, welche die Ueberleitung der Lichtempfindung zu den bewegenden Fasern der Regenbogenhaut vermitteln, temporär gelähmt sein — außer Stande, ihre Funktion zu üben. Wie dieser Effekt und so mancher andere zu Stande kommt, ist uns freilich noch ein Räthsel.

Vierzehnter Brief.

Das Auge.

Das zusammengesetzteste Instrument des Körpers ohne Zweifel ist das Auge, durch dessen Thätigkeit das Sehen vermittelt wird. Ehe wir auf die Gesetze, welche in diesem merkwürdigen Apparate ihre Anwendung finden, näher eingehen, wird es nöthig sein, die anatomische Struktur desselben übersichtlich zu beleuchten (siehe Fig. 21, S. 336).

Der Augapfel an sich ist eine hohle, kugelförmige Blase, aus mehreren, zwiebelförmig über einander gelagerten Schichten von Häuten bestehend, in deren Innerem bestimmte, mehr oder minder flüssige durchsichtige Materien abgelagert sind. Abgesehen von den Schutz- und den Bewegungsapparaten, welche an dieser Kugel angebracht sind, zeigen sich daran folgende, besonders wichtige Theile. Zuerst eine äußere, schalenartige Hülle, deren hinterer Theil weiß, fest und undurchsichtig ist, während ein vorderes, kleineres Segment eine pralle, wasserklare, durchaus durchsichtige Haut darstellt, die man mit dem Namen der Hornhaut belegt, und deren innere Fläche mit einer zarten, glasartig structurlosen Haut, der Wrisberg'schen, Descemet'schen oder Demours'schen Haut ausgekleidet ist, während ihre vordere Fläche von der durchsichtigen Fortsetzung der Bindehaut des Auges überzogen wird. Die hintere weiße Haut, deren vordere Partie das Weiße des Auges bildet, zeigt die Form eines stark gekrümmten Bechers mit enger Oeffnung, etwa wie

ein Römerglas, auf welchem dann die durchsichtige Hornhaut aufgesetzt ist, welche eine weit stärkere Wölbung hat und demnach einem kleineren Krümmungsradius angehört, als die weiße Haut.

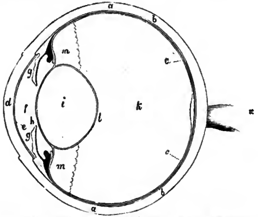


Fig. 21. Durchschnitt des Auges in vergrößertem Maßstabe. a. Die weiße Haut, Sclerotica. b. Die Aderhaut, Choroidea, nach vorn in die schwarzen, kolbigen Ciliarfortsätze übergehend. c. Netzhaut, Retina. d. Hornhaut, Cornea. e. Innere Auskleidung der Hornhaut, Wrisberg'sche Haut. f. Vordere Augenkammer, von der Hornhaut und der Regenbogenhaut begränzt und mit der wässerigen Augenfeuchtigkeit erfüllt. g. Regenbogenhaut, Iris. h. Sehloch, Pupille. i. Krystalllinse, von der Linsenkapsel umgeben. Zwischen ihrer vorderen Fläche und der Iris befindet sich die hintere Augenkammer, die durch das Sehloch mit der vorderen in Verbindung steht. k. Glaskörper. l. Hintere Linsenfläche, in der tellerförmigen Grube des Glaskörpers ruhend. m. Strahlenkörper, Corpus ciliare. n. Sehnerve.

Die ganze innere Fläche der weißen Augenhaut ist von einer sammtartigen, tief schwarzen Membran, schwarze Augenhaut, auch Aderhaut oder Choroidea genannt, ausgekleidet, welche eine große Menge von Blutgefäßen enthält und ihre Schwärze einem besonderen kohlenartigen Farbstoffe verdankt, der in eigenthümlichen Zellen abgelagert ist, und bei manchen Menschen, den s. g. Kakerlaken oder Albino's, fehlt, wo dann statt der schwarzen Farbe des Sehloches, die man bei gesunden Augen sieht, eine röthliche Tinte aus dem Grunde des Auges hervorschim-

mert. An dem vorderen Rande der Sclerotica wird die Aderhaut durch einen muskulösen Streifen, das s. g. Strahlenband, mit ihrer äußeren Fläche fester an die weiße Haut geheftet. Nach innen zu setzt sie sich in den Strahlenkörper, Corpus ciliare, fort, ein breiter Faltenkranz, der fest auf dem Rande der Linse und des Glaskörpers aufliegt, mit seinem inneren Rande in die hintere Augenkammer hineinragt und so die Ciliarfortsätze bildet, welche sich zwischen die hintere Fläche der Regenbogenhaut und die vordere der Linse einschieben. Die Regenbogenhaut oder Iris ist ebenfalls eine Fortsetzung der Aderhaut nach innen zu, und bildet im Auge einen senkrechten Vorhang, der hinter der Hornhaut etwa in ähnlicher Weise angebracht ist, wie das Zifferblatt hinter dem Uhrglase. In der Mitte besitzt dieser bewegliche Vorhang ein kreisrundes Loch, das Sehloch oder die Pupille, das bei grellem Lichte sich zusammenzieht, in der Dunkelheit sich ausdehnt. Die Farbe der Augen hängt von dem Pigmente ab, welches auf der vorderen Fläche der Iris abgelagert ist und das bald mehr grau, blau, oder braun ist; — die hintere Fläche ist stark mit schwarzem Farbstoff belegt. Die Aderhaut mit der Iris und den hinter derselben gelegenen Ciliarfortsätzen bildet demnach die zweite Schalenhaut der Zwiebel. Im hinteren Augenraume liegt sie hart an der weißen Augenhaut an; vorne aber findet sich zwischen der kreisförmig gekrümmten Hornhaut und dem senkrecht aufgehängten Vorhange der Iris ein halblinsenförmiger Raum, der durch eine wässerige Flüssigkeit erfüllt ist und die vordere Augenkammer heißt.

Die schwarze wie die weiße Augenhaut werden an ihrer hinteren Fläche von dem Sehnerven durchbohrt, welcher im Inneren des Auges sich in Form einer fast durchsichtigen, graulich gefärbten, sehr zarten Haut ausbreitet, welche die Netzhaut genannt wird. Die Eintrittsstelle des Sehnerven liegt nicht genau dem Sehloche gegenüber, sondern etwas nach innen; in der Augenaxe selbst, die man horizontal durch das Sehloch legt, findet sich ein eigenthümlicher gelber Fleck auf der Netzhaut,

der nur bei dem Menschen und einigen Affen angetroffen wird. Die Netzhaut kleidet die ganze innere Fläche der Aderhaut aus, sie geht vornen bis an die Gegend des vorderen Randes derselben und endet an dem hinteren Rande der Ciliarfalten mit einem wellenförmigen Rande. Die drei zwiebelartig übereinander gelegten Häute, welche den Augapfel bilden, sind demnach um so kürzer und um so weiter nach vorn offen, als sie mehr nach innen liegen; — weiße Augenhaut und Hornhaut bilden ein vollkommen geschlossenes Rund; Aderhaut und Iris zeigen eine kleinere mittlere Oeffnung, das Sehloch; die Netzhaut endlich bildet eine Art nach vorn offenen Bechers.

Das Innere des Augapfels ist, wie schon oben bemerkt, von mehreren flüssigen Theilen erfüllt, welche die eigenthümliche Prallheit dieses Organes bedingen. In der vorderen und hinteren Augenkammer, zwischen der Regenbogenhaut und der Hornhaut einerseits und der Linsenkapsel anderseits, findet sich eine klare Flüssigkeit, die fast reines Wasser ist, das nur wenige Bestandtheile aufgelöst enthält. Beim Anstechen der Hornhaut, was bei Operationen am Auge nicht selten geschieht, spritzt diese Flüssigkeit oft im Strahle hervor. Sie erneuert sich sehr rasch und ihr Verlust ist durchaus von keiner Bedeutung, eben dieser schnellen und leichten Erneuerung wegen. Hinter dem Sehloche und fast unmittelbar an die hintere Fläche der Regenbogenhaut angelegt, von der sie nur durch den kleinen Raum der hinteren Augenkammer getrennt ist, findet sich die Krystalllinse, ein aus blätterigen Schichten gebildeter Körper, dessen vordere Fläche etwas abgeplattet, die hintere aber stark gekrümmt ist, und der in seinen äußeren Schichten eine breiige Consistenz besitzt, während der innere Kern ziemlich fest ist. Die gesunde Linse ist außerordentlich klar, hell und durchsichtig; die sie bildenden blätterigen Schichten sind ihrerseits wieder aus feinen langen, platten, faserartigen Röhren zusammengesetzt, den sogenannten Linsenfasern, die eine besondere dickflüssige, eiweißartige Substanz enthalten. Die ganze Linse ist ringsum von einer feinen, glasartigen, structurlosen Kapselhaut, der Linsenkapsel, umschlossen,

und liegt mit ihrer hinteren Fläche in einer tellerförmigen Grube des Glaskörpers, einer eiweißartigen, gelatinösen Flüssigkeit, welche den ganzen hinteren Augenraum ausfüllt, überall unmittelbar von der Netzhaut umschlossen wird und eine eigene Hülle, die Glashaut besitzt, die wahrscheinlich zellenartige Räume bildet, in welchen die Flüssigkeit angesammelt ist.

Die wesentlichen Theile des Augapfels theilen sich demnach in zwei Hauptklassen: einerseits durchsichtige, mehr oder minder flüssige Medien, durch welche die Lichtstrahlen bis zum Hintergrunde des Auges gelangen können, und anderseits hautartige Ausbreitungen mit sehr verschiedenen Eigenschaften, die wir näher analysiren werden.

Wichtig für die Funktion des Gesichtes erscheinen die verschiedenen Apparate, welche in der Umgebung des Augapfels angebracht sind, und theils zu seinem Schutze, theils zu seiner Bewegung dienen. Sechs Muskeln bedingen durch ihre Zusammenziehungen nicht nur die Bewegungen nach oben und unten, rechts und links, sondern auch die Drehungen des Auges um seine Axe, das Rollen desselben nach außen und innen; eine ziemlich bedeutende, tief in der Augenhöhle gelegene Drüse, die Thränendrüse, erhält durch die von ihr gelieferte allbekannte Absonderung die äußere Fläche des Augapfels in einem beständigen Zustande von Feuchtigkeit; zwei bewegliche, undurchsichtige Vorhänge, die Augenlider, öffnen und schließen sich vor dem Augapfel, um, je nach dem Willen und dem Bedürfnisse des Individuums, dem Lichte Zutritt zu gestatten, oder dasselbe abzuhalten; eine äußerst feine Schleimhaut, die sogenannte Bindehaut oder Conjunktiva, kleidet die Augenlider auf ihrer inneren Fläche aus und setzt dann auf die vordere Fläche des Augapfels über, die sie vollkommen überzieht, indem sie auf der Hornhautfläche selbst durchsichtig wird. In dieser Bindehaut verlaufen die feinen Gefäßchen, die man auf der Oberfläche des menschlichen Augapfels sieht. Ihre stets glatte, schlüpfrige Oberfläche gestattet das Gleiten der Augenlider über den Augapfel und das Drehen des Augapfels nach allen Richtungen hin.

Diese Bindehaut ist äußerst empfindlich; fremde Körper mit scharfen Ecken namentlich verursachen deßhalb so heftige Schmerzen, wenn sie zwischen die Augenlider gelangen. An dem inneren Augenwinkel, wo die Bindehaut in die Haut der Lider und der Nase übergeht, befinden sich die Thränenpunkte, kleine Oeffnungen, durch welche die Thränenflüssigkeit beständig in den Thränensack und den Thränengang abläuft, der die Nasenknochen durchbohrt und in die Nasenhöhle selbst sich öffnet. An dem unteren Ende dieses Ganges befindet sich eine Klappe so gestellt, daß die Thränen beständig nach der Nase abfließen, Flüssigkeiten aber auf dem umgekehrten Wege nicht nach dem Auge aufsteigen können. Es giebt Menschen, bei welchen diese Klappe weniger genau schließt, so daß sie Luft oder Tabaksdampf bei geschlossener Nase aus dem am unteren Augenlide befindlichen Thränenpunkte hervortreiben können. Noch häufiger sind krankhafte Verschließungen der Thränengänge, in Folge deren die Thränenflüssigkeit beständig, wie bei dem Weinen, über die Backen herüberfließt und meistens die Wangenhaut selbst angreift und Schorfe darauf erzeugt.

Der wesentlich empfindende Theil des Auges ist die Netzhaut, deren Structur trotz ihrer Dünne und Durchsichtigkeit eine äußerst complicirte ist. Der Sehnerv, welcher in einiger Entfernung von der Augenaxe nach innen zu die beiden äußeren Augenhäute durchbricht, um sich dann in der Netzhaut auszubreiten, bildet mit seinen Fasern eigentlich nur die Grundlage der Netzhaut, den Stramin, in welchen dann die übrigen Elemente hineingestickt sind. Man unterscheidet jetzt an der Netzhaut fünf verschiedene Schichten, die sich von außen nach innen in folgender Ordnung übereinander lagern. Am weitesten nach Außen und in unmittelbarer Berührung mit der Aderhaut stehen pallisadenartig an einander gereiht helle durchsichtige Körperchen, die sogenannten Stäbchen, deren abgestutztes Ende der Aderhaut zugewendet ist, während sie nach innen, in die Netzhaut hinein, in einen langen Faden auslaufen, der äußerst leicht abbricht, wie denn überhaupt diese Fädchen wie die Stäbchen

höchst empfindlich gegen jede Einwirkung, mechanischer wie chemischer Art sind. Einige dieser Stäbchen sind dicker und an ihrem inneren Ende mit einer zellenartigen, spindelförmigen, gekörnten Anschwellung versehen, die dann ebenfalls wie die einfachen Stäbchen in einen feinen Faden ausläuft. Man hat diese angeschwollenen Stäbchen, die zwischen den andern stehen und am gelben Fleck nur allein vorhanden sind, die Zapfen genannt — und die ganze äußere Schicht, welche aus Stäbchen und Zapfen zusammengesetzt ist, auch mit dem Namen der Jakobs'schen Haut bezeichnet. Da die Netzhaut einen hohlen Becher darstellt und alle Stäbchen mit ihren Fäden senkrecht auf dem Durchschnitte stehen, so bilden alle Radien, die vom Mittelpunkte der Netzhaut ausstrahlen, weshalb man auch die feinen, von den Stäbchen und Zapfen ausgehenden Fasern Radialfasern genannt hat.

Auf die Jakobs'sche Stäbchen- und Zapfenschicht folgt nach innen eine meist doppelte Lage dunkler, granulirter, das Licht stark brechender Körner, die vielleicht in die Radialfasern selbst eingelagert sind oder mit denselben in Verbindung stehen. Meist ist die Doppellage durch eine Schicht feiner Radialfasern getrennt, und da man oft diese Körner nach beiden Seiten hin in feine Fasern auslaufen sieht, so ist ihr Zusammenhang mit den Radialfasern nicht unwahrscheinlich.

Nach innen von der Körnerschicht folgt eine Lage von geschwänzten Nervenzellen, ganz denen der grauen Hirnsubstanz ähnlich, nach allen Seiten hin in feine Nervenfasern auslaufend. Diese Nervenfasern bilden eine Art Netz und ihre Enden treten augenscheinlich, wie man namentlich beim Elephanten gesehen hat, mit den letzten Fasern des Sehnerven in Verbindung.

Diese, die vierte Schicht bildend, breiten sich auf der inneren Fläche der Nervenzellenlage aus und strahlen von dem Eintrittspunkte des Sehnerven nach allen Seiten wie von einem Wirbel aus. Sie laufen also der Krümmung der Netzhaut folgend und die Radialfasern sind senkrecht gegen sie gerichtet.

Neueren Untersuchungen zu Folge setzen auch in der That die letzten Enden der Radialfasern zwischen den feinen blassen, horizontal in der Netzhaut verlaufenden Sehnervenfasern durch, um entweder auf ihrer Außenfläche zu enden, oder aber sich doch mit den letzten Enden der Sehnervenfasern zu verbinden. Wenn dem so ist, so würden die Sehnervenfasern einerseits mit den Nervenzellen, anderseits mit den Radialfasern und diese ebenfalls mit den Nervenzellen zusammenhängen.

Als letzte Lage endlich erscheint, unmittelbar an dem Glaskörper anliegend, eine feine, durchsichtige Begränzungshaut, mit einer Lage von rundlichen Zellen nach innen zu gepflastert.

An dem in der Augenaxe gelegenen gelben Flecke, dessen Farbe durch kein besonderes mikroskopisches Element, sondern durch eine tränkende Flüssigkeit bedingt scheint, finden sich nur Zapfen, keine Stäbchen, so wie durchaus keine Sehnervenfasern, und in der Mitte des Fleckes fehlt auch die Körnerschicht, so daß hier die ganze Netzhaut auf drei Lagen reduzirt ist, nach außen Zapfen, mitten Nervenzellen, nach innen die Begränzungshaut. Da nun gerade an dieser Stelle das schärfste Sehen, die klarsten Bilder ihren Sitz haben, so folgt aus der anatomischen Anordnung mit innerster Nothwendigkeit, daß die Nervenzellen und die Zapfen die wesentlichsten Licht empfindenden Theile, die Sehnervenfasern dagegen nur leitende Apparate sind, welche die in jenen Theilen entstandene Veränderung dem Gehirne zuleiten, selbst aber nicht fähig sind, mehr als bloße Lichtempfindung dem Gehirne zukommen zu lassen. Alles, was das Sehorgan als specifisches Organ konstituirt, das Auffassen der Bilder und der Farben, gehört deßhalb den Stäbchen, Zapfen, Radialfasern und Nervenzellen an — der Sehnerv, ohne diese analysirenden Organe, würde nur Empfindung von Licht und Dunkel gewähren können.

Daß die Netzhaut überhaupt der empfindende, der Sehnerve der dem Gehirne zuleitende Theil des Auges sei, und daß bei Krankheit oder Zerstörung beider Organe Blindheit die nothwendige Folge ist, läßt sich leicht nachweisen. Beiderlei Zustände

begreifen wir unter dem Namen des **schwarzen Staares** oder der **Amaurose**. Die äußeren Augentheile sind bei solchen Zuständen meist vollkommen gesund. Das Innere des Sehloches ist klar und rein schwarz, wie bei einem gesunden Auge, und eine Operation, welche die übrigen Augentheile betreffen würde, durchaus unstatthaft. Eben so leicht läßt sich aber auch nachweisen, daß der Sehnerve als solcher keine andere als höchstens Lichtempfindung erzeugen könnte. Gerade diejenige Stelle im Auge, wo die Netzhaut nur aus Sehnervenfasern besteht, die Eintrittsstelle des Sehnerven, ist, wie wir später sehen werden, vollkommen unempfindlich gegen das Licht, so daß wir beständig einen dunklen Fleck in unserem Gesichtskreise mit uns herum tragen.

Die einzelnen Theile des Auges sind indeß nicht nur empfindend und leitend. Wir haben oben gesehen, daß viele Organe, wie die Lider, die Bindehaut, ja auch die weiße Augenhaut nur Schutzorgane sind; andere, wie die Hornhaut, die Linse, der Glaskörper und die wässerige Feuchtigkeit sind dagegen durchsichtige Medien, bestimmt, die Lichtstrahlen auf ihrem Wege nach der empfindenden Netzhaut durchzulassen und durch die Krümmung ihrer Oberflächen so zu brechen, daß sie im Grunde des Auges Bilder erzeugen, welche als solche aufgefaßt werden können. Die Untersuchung der Brechungsverhältnisse im Auge bildet einen der wesentlichsten Gegenstände der Physiologie des Auges, wie der Optik überhaupt.

Schneidet man das Auge eines weißen Kaninchens unmittelbar nach dem Tode aus und hält dasselbe, nachdem man es sorgfältig gereinigt hat, gegen ein Fenster, so erblickt man auf der hinteren Wand des durchscheinenden Auges, dessen Aderhaut durchsichtig und pigmentlos ist, das sehr zierliche Bild des Fensters nebst den draußen befindlichen Gegenständen, verkleinert und verkehrt. Noch besser gelingt der Versuch, wenn man das Auge in eine zusammengewickelte Papierrolle so legt, daß seine Pupille nach vorn schaut und man nun hinten in die Röhre, welche alles seitliche Licht abhält, hineinschaut. Die umgebenden

Gegenstände zeigen sich in wunderbar klaren Bildchen, mit ihren natürlichen Farben, in bestimmter Proportion verkleinert und verkehrt, so daß die Bäume z. B. oben zu wurzeln und ihre Spitze unten zu haben scheinen. Das Auge eines weißen Kaninchens ist deßhalb besonders geeignet zu diesem Versuche, weil seine Aderhaut, wie bei allen Kakerlaken, vollkommen durchscheinend ist; während bei den gewöhnlichen Augen dieselbe schwarz und undurchsichtig erscheint. Um bei einem normalen Auge denselben Versuch anzustellen, müßte man hinten in der Gegend der Augenaxe ein bedeutendes Stück der weißen Augenhaut oder der Sklerotika wegnehmen und dann das schwarze Pigment der Aderhaut wegpinseln, so daß nur die matt durchscheinende Netzhaut überbleibt; — abgesehen von der Langweiligkeit einer solchen Operation würde aber das so behandelte Auge dennoch keine so deutlichen Bilder geben, als das weiße Kaninchenauge, dessen ursprüngliche Gestalt vollkommen erhalten ist, während durch die Wegnahme der weißen Augenhaut nothwendig die Form des Bulbus verändert und dadurch die Reinheit des Bildes gestört werden muß.

Es lehrt dieser einfache, leicht anzustellende Versuch, daß in dem Auge ein optischer Apparat verwirklicht ist, in welchem die umgebenden Gegenstände auf ein kleines, verkehrt stehendes Bild von großer Schärfe und Deutlichkeit reducirt werden, und daß die verschiedenen Theile des Auges so construirt sind, daß dieses Bild auf der Netzhaut sich entwirft. Wir besitzen optische Apparate, welche zu gleichem Zwecke construirt sind und die wir dunkle Kammern, Camera obscura, nennen. Diese Vorrichtungen bestehen, in ihrer einfachsten Construktion, aus einem inwendig schwarz lackirten Kasten, auf dessen einer Fläche eine gläserne Linse, ein Brennglas angebracht ist. Gegenüber diesem Brennglase befindet sich, Statt einer schwarzen Wand, eine mattgeschliffene, durchscheinende Glasplatte. Betrachtet man diese Glasplatte, so zeichnen sich die vor dem Brennglase befindlichen Gegenstände in verkleinertem und verkehrtem Bilde auf derselben; das Bild würde sich schon erzeugen, wenn man nur in

der gehörigen Entfernung hinter dem Brennglase, oder, um den wissenschaftlichen Ausdruck beizubehalten, hinter der Sammellinse die matte Glastafel anbrächte, es würde aber undeutlich, unrein ausfallen, wegen des überall einfallenden, falschen Lichtes; der innen schwarze Kasten, an welchem Sammellinse und Glastafel angebracht sind, dient nur zur Abhaltung dieses falschen Lichtes, zur Absorption aller seitlich einfallenden Strahlen, welche die Reinheit des Bildes beeinträchtigen würden.

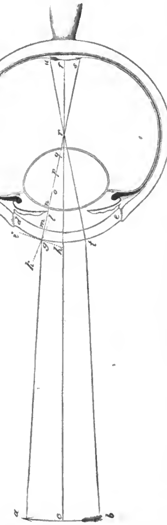
Vergleicht man nun den Bau des Auges mit der Construktion der Camera obscura, so lassen sich sogleich folgende Anhaltspunkte feststellen. Alle durchsichtigen Augentheile, die Hornhaut, die Krystalllinse und der Glaskörper, zeigen keine flachen, sondern bogenförmige Oberflächen, sie stellen in ihrer Gesammtheit eine Sammellinse dar, die aus verschieden brechenden Theilen zusammengesetzt ist. Die Netzhaut, das empfindende Gebilde, entspricht durch ihre Mattigkeit und das Durchscheinende, das sie besitzt, vollkommen der matten Glastafel, während die weiße Augenhaut mit der an ihrer inneren Fläche ausgebreiteten Aderhaut dem innen schwarz lackirten Kasten der Camera obscura sich vergleichen läßt.

Die Lichtstrahlen, welche durch eine Sammellinse mit regelmäßig gebogenen Oberflächen gehen, werden alle in der Weise gebrochen, daß sie in einem bestimmten, hinter der Linse gelegenen Punkte, welcher der Kreuzungspunkt heißt, sich vereinigen. Nur der Axenstrahl, d. h. derjenige Strahl, welcher durch das Centrum der Linse geht, wird ungebrochen in gerader Linie fortgeleitet, alle übrigen Strahlen hingegen werden von der Linse nach dem Axenstrahle hin gebrochen und vereinigen sich mit ihm in dem Brennpunkte oder Kreuzungspunkte. Faßt man daher mit einer Sammellinse das Bild der Sonne, eines kreisrunden Körpers, auf, so bilden die durch die Linse durchgehenden Strahlen einen Kegel, in dessen Spitze sie sich sämmtlich vereinigen und dadurch eine größere Hitze hervorbringen. Wer hat sich nicht schon eines Brennglases bedient, um Zunder anzustecken? Man rufe sich die zu diesem Endzwecke nöthigen Manipulationen

zurück. Anfangs hält man das Brennglas zu nahe, man sieht einen hellen Kreis auf dem Zunder. Man entfernt es; der Kreis wird immer kleiner. Ist man so weit, daß nur ein hellglänzender Punkt sich zeigt, so entbrennt der Zunder. Entfernt man das Brennglas noch mehr, so entsteht von neuem ein Kreis, der um so größer wird, je weiter es von dem Zunder absteht. Die Lichtstrahlen kreuzen sich in dem Brennpunkte und bilden von diesem an auseinandergehend einen zweiten Kegel, dessen Spitze in dem Brennpunkte liegt. Hat man nun zufällig die Sammellinse so gefaßt, daß der eine Finger seitlich auf derselben aufliegt, so daß z. B. ein Theil des linken Randes der Linse von dem Finger beschattet ist, so wird man in dem Kreise, welcher entsteht, bevor der Zunder im Brennpunkte ist, den Schatten des Fingers auf der linken Seite sehen, während bei größerer Entfernung, über den Brennpunkt hinaus, der Schatten des Fingers auf der umgekehrten, also rechten Seite sich findet. Es bedarf nicht mehr, als dieses einfachen Versuches, um sich zu überzeugen, daß die von einer Sammellinse aufgefaßten Strahlen sich wirklich in dem Brennpunkte kreuzen und hinter dem Brennpunkte demnach ein verkehrtes Bild des Gegenstandes bilden müssen, wo rechts und links, oben und unten mit einander verwechselt sind. Die Verhältnisse des Bildes bleiben die nämlichen, nur seine Stellung ist eine verschiedene.

Der oben erwähnte Versuch mit dem Kaninchenauge beweist, daß diese Verhältnisse in dem Auge verwirklicht sind. Den Gang der Lichtstrahlen mag die auf der folgenden Seite eingedruckte Figur versinnlichen. Der Pfeil a c b stelle einen zu sehenden Körper vor. Die Lichtstrahlen, welche dieser nach dem Auge absendet, sind alle zwischen den Strahlen a g und b t eingeschlossen. Die mit krummen Flächen begränzte Hornhaut d e wird die Strahlen, welche in sie eindringen, brechen, und da sie ein größeres Brechungsverhältniß als die Luft besitzt, so werden die Strahlen gegen die punktirte Linie k l hin gebrochen. (Diese punktirte Linie ist eine senkrechte auf der Tangente i h, die ebenfalls punktirt ist.) Der Strahl a b wird also die Richtung

Fig. 22.



mnopqr nehmen und in dem letzteren Punkte mit dem ebenfalls nach der Mitte zu gebrochenen Strahle bt zusammentreffen. Der Axenstrahl c, welcher auf die Mitte der Hornhautwölbung trifft, wird ungebrochen in gerader Linie durchgehen. Alle diese Strahlen werden also in r, in dem Brennpunkte des Auges, zusammentreffen, und von dort aus weiter nach dem Hintergrunde des Auges gehen. In dem Brennpunkte aber werden sie sich kreuzen, und während der Axenstrahl gerade durch nach f geht, wird der Strahl bt nach u, der Strahl ak nach s gelangen, das verkleinerte Bild suf im Hintergrunde des Auges also verkehrt stehen.

Wir haben, zur Vereinfachung der Demonstration, hier angenommen, als finde nur eine einzige Brechung durch die sphärisch gewölbte Hornhaut Statt. Im Auge selbst tritt aber dadurch eine Complikation ein, daß nicht ein, sondern

mehrere brechende Körper hinter einander aufgestellt sind, deren Effekte zusammengenommen die Herstellung eines verkleinerten Bildes auf der Netzhaut zur Folge haben. Die Hornhaut, mit ihrer kreisförmigen Wölbung, welcher die Fläche der wässerigen Flüssigkeit natürlich folgt, bedingt schon eine bedeutende Brechung der Lichtstrahlen nach der Axe zu, welche noch durch die Krystalllinse verstärkt wird. Dieses aus concentrischen Faserlagen gewobene Gebilde ist vorne mehr flach und einer Ellipse nach gekrümmt, während die hintere Fläche den Abschnitt einer Parabel darstellt. Die praktische Optik hat bis jetzt vergebens versucht, parabolische Linsen darzustellen; ihre Schleifung ist, wie es scheint, eine Unmöglichkeit. Es würde hier zu weit führen, und gehört auch wesentlich einer andern Wissenschaft, der Optik, an, wenn wir zeigen wollten, warum elliptische und namentlich parabolische Oberflächen für Sammellinsen die geeignetsten sind. Bei Linsen, deren Oberflächen Kugelabschnitte darstellen, tritt die sogenannte sphärische Aberration ein; Lichtstrahlen nämlich, welche den Rand der Linse unter einem gewissen Winkel treffen, werden nicht genau in dem Brennpunkt, sondern vor oder hinter demselben gebrochen, und solche Linsen erzeugen daher hinter dem Brennpunkte Bilder, welche nicht rein sind. Man kann diesen Uebelständen, die selbst bei der bestgeformten sphärischen Linse sich zeigen, einestheils dadurch abhelfen, daß man den Rand der Linse den Seitenstrahlen entzieht, indem man eine Blendung vor derselben aufstellt, welche schwarz gefärbt ist und in der Mitte eine mehr oder minder große Oeffnung zeigt. Es werden durch eine solche Blendung die Axenstrahlen und die denselben zunächst liegenden, ziemlich parallelen Strahlen eingelassen, die Randstrahlen aber ausgeschlossen. Es gehört indeß eine genaue Berechnung der Brechungskraft, so wie der gekrümmten Oberfläche der Linse und zugleich eine bestimmte Entfernung des Objektes dazu, um dem Bilde die größtmögliche Schärfe zu geben, und Sammellinsen, welche in verschiedenen Weiten gebraucht werden, bedürfen demnach Blendungen von verschiedener Größe, die man je nach Beschaffenheit und Entfernung des Ob-

jektes wechseln kann. Blendungen sind indeß nie hinreichend, um die sphärische Aberration gänzlich aufzuheben; es gehören dazu noch ferner eine Abänderung der Curven in elliptische und parabolische, und endlich eine Verdünnung der Substanz der Linse selbst am Rande, wodurch die Randstrahlen eine geringere Brechung erleiden, und so wieder in den Brennpunkt gelangen, vor dem sie sich vereinigt haben würden, wenn die Linse in allen ihren Theilen aus derselben, überall gleich dichten Substanz verfertigt wäre.

Die praktische Optik hat diese Bedürfnisse nicht alle in gleichem Maße verwirklichen können. Es ist ihr unmöglich, parabolische Linsen herzustellen; sie kann ihre Linsen nur aus einem Materiale, etwa Glas oder Krystall, schneiden, das überall gleich dicht ist; ihre Blendungen können gewechselt, aber nicht allen möglichen Abstufungen angepaßt werden. In dem Auge hingegen sind alle Bedingungen vereinigt. Die hintere Linsenfläche ist parabolisch, die vordere elliptisch; die äußeren Schichten der Linse sind weniger dicht, brechen das Licht weniger stark, als der innere Kern, und die Randstrahlen werden deßhalb um so weniger gebrochen, je mehr seitlich sie einfallen; endlich hat die Natur in dem beweglichen Vorhange der Iris oder Regenbogenhaut eine veränderliche Blendung hergestellt, welche sich allen verschiedenen Erfordernissen anzupassen vermag und stets der Pupille diejenige Weite giebt, welche zur Herstellung eines scharfen Bildes erforderlich ist. Die Bewegungen der Regenbogenhaut sind unwillkürliche, durch Reflexion bedingte Bewegungen, die mit der Lichtempfindung auf der Netzhaut in Verbindung stehen. Je heftiger der Reiz ist, der diese trifft, desto enger zieht sich die Regenbogenhaut zusammen, desto kleiner wird die Pupille; je mehr wir die Netzhaut bei Betrachtung eines Gegenstandes anstrengen, um so mehr zieht sich die Pupille zusammen und um desto schärfer wird das Bild, das sich der Netzhaut bietet. Zerstörung des Sehnerven, Lähmung der Netzhaut bedingen auch Unbeweglichkeit der Regenbogenhaut und starre Fixation der Pupille, während bei gesundem Sehvermögen diese wunderbare contraktile Blendung in stetem Spiele sich be-

findet, um, je nach dem Bedürfnisse des Sehaktes, die Oeffnung, welche den Lichtstrahlen geboten ist, kleiner oder größer zu stellen.

Der Kreuzungspunkt, welcher durch die Vereinigung der angeführten Mittel hergestellt wird, liegt in dem menschlichen Auge in geringer Entfernung hinter der Linse, etwa in der Hälfte der Länge der Augenachse, in genaueren Maßen 12 Millimeter hinter der Vorderfläche der Hornhaut, oder vier Millimeter hinter der Hinterfläche der Linse. Merkwürdiger Weise ist derselbe Punkt auch das Centrum, um welches unsere Augen bei ihren Bewegungen sich drehen. Wie wir auch unsere Augen stellen mögen, nach oben, unten, außen oder innen, der Kreuzungspunkt bleibt stets an derselben Stelle, er ist zugleich der Drehpunkt für die Bewegungen des Augapfels, der sich in der Augenhöhle wie in einem Nußgelenke umherwälzen kann. Die Kugel, welche sich in einem Nußgelenke befindet, kann nicht seitlich ausweichen, da sie überall in der Peripherie fixirt ist; vermöge ihrer Kugelform aber kann sie sich nach allen Richtungen hin umdrehen, ohne daß ihr Mittelpunkt verändert wird. Es ist eine äußerst merkwürdige Einrichtung bei dem Auge, daß der statische Mittelpunkt, um welchen das Auge durch seine mechanischen Vorrichtungen gedreht wird, zusammenfällt mit dem optischen Mittelpunkte des Organes. Das so eingerichtete Instrument erhält bei möglichster Beweglichkeit zugleich eine außerordentliche Präcision in seinen Bewegungen, während die Punkte der Oberfläche, welche sich über Kreisabschnitte drehen, nur sehr wenig Raumveränderung vorzunehmen haben, um eine bedeutende Axendrehung herzustellen.

Da das Nußgelenk, innerhalb dessen sich die Kugel des Augapfels dreht, nur aus einem Fettpolster besteht, welches eine gewisse Nachgiebigkeit hat, so kann man die ganze Einrichtung auch als ein Nußgelenk ansehen, welches zugleich selbst wieder verschiebbar ist. Es scheint indessen, als ob die Wirkung der Augenmuskeln niemals so weit ginge, den Augapfel selbst zu verschieben, sondern nur zuweilen sich darauf beschränkt, ihn in der Richtung der Sehaxe weiter in die Augenhöhle zurückzuziehen

oder bei Erschlaffung vortreten zu lassen. Viele Säugethiere haben zu dieser Bewegung einen eigenthümlichen Muskel, der bei dem Menschen durch das Zusammenwirken der geraden Augenmuskeln ersetzt wird.

Der schon öfter erwähnte Fundamentalversuch mit dem weißen Kaninchenauge enthält noch mancherlei Folgerungen, welche in der Construktion des Auges als optisches Werkzeug begründet liegen und deren nähere Erörterung zum Begreifen des Sehprozesses höchst wichtig ist. Richtet man das präparirte Kaninchenauge gegen ein Fenster, durch welches sich Häuser, Bäume, Berge in der Ferne, kurz eine ganze Landschaft zeigt, so erhält man auf der hinteren Seite ein verkleinertes Bild, dem das Fenster als Einfassung dient. Je ferner die Gegenstände, desto kleiner erscheinen sie; ein Berg am Horizonte erscheint kaum so groß, als der Schornstein eines gegenüberstehenden Hauses. Es beruht diese Verkleinerung der entfernten Gegenstände, auf welcher unsere ganze Malerkunst, unsere Perspektive beruht, einzig und allein auf der Vergrößerung oder Verkleinerung des Sehwinkels oder Gesichtswinkels, unter welchem die Gegenstände erscheinen. Man halte einen Bleistift von einer gewissen Länge dem Auge in einer Entfernung von 5 oder 6 Zollen gegenüber, und denke sich nun von allen Punkten dieses Bleistiftes Linien nach dem Kreuzungspunkte des Auges gezogen. Das Bleistift wird so zur Basis eines Dreieckes, dessen Spitze in dem Kreuzungspunkte liegt, und wenn ich in der geometrischen Construktion fortfahrend die im Kreuzungspunkte des Auges sich treffenden Linien bis zur Netzhaut verlängere, so erhalte ich auf dieser ein umgekehrtes Bild, das ebenfalls als Basis eines Dreieckes betrachtet werden kann, dessen Spitze im Kreuzungspunkte liegt und dessen Schenkel von den äußersten Strahlen gebildet werden, die von den beiden Enden des Bleistiftes herstammen. Jedes Dreieck besteht aus drei Winkeln; derjenige Winkel, welcher durch die äußersten Strahlen in dem Kreuzungspunkte gebildet wird, heißt der Sehwinkel, unter dem ich das Objekt erblicke.

Je weiter man die Seite eines Dreieckes von der gegenüberstehenden Ecke entfernt, desto kleiner wird der Winkel, unter welchem die beiden Schenkel des Dreieckes in der Spitze zusammentreffen. Je weiter mithin ein Gegenstand von dem Auge entfernt ist, desto kleiner wird der Sehwinkel, unter welchem seine äußersten Strahlen im Kreuzungspunkte zusammentreffen, und desto kleiner wird auch das Bild, welches er auf der Netzhaut erzeugt. Ein Objekt, welches in größerer Nähe einen gewissen Raum darbot, wie z. B. eine Scheibe, wird in größerer Entfernung nur wie ein Stecknadelknopf, noch weiter wie ein Punkt von kaum räumlicher Ausdehnung, endlich gar nicht mehr gesehen; weil bei zu großer Entfernung endlich der Gesichtswinkel auf ein Minimum reducirt wird und kein Bild mehr auf der Netzhaut erzeugt werden kann.

Die Bestimmung des kleinsten Sehwinkels, unter welchem ein Gegenstand noch wahrgenommen werden kann, unterliegt manchen Schwierigkeiten. So viel ich weiß, hat man noch nicht versucht, denselben objektiv zu bestimmen, indem man an ausgeschnittenen Augen versuchte, bis zu welchem Grade ein noch wahrnehmbares Netzhautbildchen im Grunde des Auges entstehen würde; sondern man hat an den Augen lebender Menschen zu bestimmen gesucht, welche Größe ein Objekt haben müsse, um gerade noch wahrgenommen werden zu können, und hat sodann aus den erhaltenen Resultaten, bei den bekannten Dimensionen des Auges, die Größe des Sehwinkels und des Netzhautbildchens berechnet. Es müssen solche Berechnungen etwas Schwankendes haben, da nicht nur die Augen sehr bedeutende individuelle Verschiedenheiten darbieten, sondern auch dasselbe Individuum bei günstiger Stimmung weit schärfer, genauer und klarer sieht, als zu anderen Zeiten. Eben so bieten Farbe, Beleuchtung und Abgränzung des Körpers, welchen man besieht, die mannichfachsten Gründe zu vielfachem Wechsel. Ein scharf und hell beleuchteter weißer Punkt auf schwarzem Grunde kann eine weit geringere Größe besitzen, als ein anderer hellgrauer Punkt auf etwas dunkler grauem Grunde, und während ersterer scharf und

deutlich wahrgenommen wird, läßt letzterer sich nicht mehr erkennen. Indeß bieten solche Messungen stets gewisse Gränzen dar, innerhalb welcher die Körper bei günstiger Beleuchtung wahrgenommen werden. Man hat gefunden, daß Striche, die nur 0,007 Millimeter von einander entfernt, scharf auf Glas eingerissen sind, bei günstiger Beleuchtung und gehöriger Sehweite noch vollkommen deutlich unterschieden werden können, was bei einer Sehweite von 248 Linien im gegebenen Falle ein Netzhautbildchen von etwa einem Zweimalhunderttausendtheil eines Pariser Zolles geben würde, woraus sich ein Sehwinkel von etwa 2—3 Sekunden ergiebt. Gegenstände, welche noch kleinere Netzhautbildchen erzeugen würden und einen noch kleineren Sehwinkel hätten, müßten begreiflicher Weise ganz aus dem Gesichte verschwinden und uns unsichtbar bleiben.

Die Berechnung der Entfernungen, unter welchen uns Gegenstände erscheinen, ist für uns eine oft unwillkürliche Abstraktion aus dem Gesichtswinkel, unter welchem uns bekannte Gegenstände erscheinen, und Leute, für welche diese Bestimmung von Wichtigkeit ist, haben oft Regeln, nach welchen sie die Entfernungen sehr genau abschätzen können. Der Alpenjäger weiß, daß der Gemsbock erst dann sich in gehöriger Schußweite befindet, wenn seine beiden Hörner mit Deutlichkeit unterschieden werden können; dem Schützen ist aus Erfahrung bekannt, daß er bei einer bestimmten Entfernung nicht mehr die Knöpfe an der Uniform seines Feindes unterscheidet, in noch größerer den Pompon und in noch bedeutenderer die Epauletten. Wir wissen ebenfalls aus ungefährer Kenntniß die etwaige Größe eines Hauses, eines Baumes, und bestimmen daraus bei dem Anblicke einer Landschaft die etwaigen Entfernungen. Täuschungen in dieser Hinsicht sind ungemein leicht in solchen Gegenden, wo uns die gewöhnlichen Maßstäbe unserer Berechnung fehlen. In den höheren Gebirgen, wo die Tanne, statt 60 Fuß Höhe, nur 20 erreicht, wo die großartigsten Felsen, die gewaltigsten Gletscher keine anderen Linien und keine anderen Farben bieten als kleine Steine und Stücke Eis, in solchen Gegenden wird das Schätzungs-

vermögen der Entfernung gewaltig betrogen. Man glaubt die kleinsten Ritze, die winzigsten Steinchen zu sehen, wo man nur gewaltige Klüfte und riesige Felsen vor sich hat; man vergißt die Kleinheit der Bäume und sieht so alle Gegenstände viel näher, als sie in der That sind. Wie sehr alle diese Berechnungen der Entfernung aber eben nur Folge der Uebung und der Gewohnheit sind, das zeigen die Kinder, die Blindgeborenen, denen eine Operation das Gesicht wieder giebt. Diese greifen nach dem Monde, als wäre er im Bereiche ihrer Hände, und erst nach und nach lernen sie sehen und nach den Entfernungen abmessen. Das Bild, welches auf unserer Netzhaut entsteht, ist demnach kein körperliches, sondern ein Flächenbild, welches wir mit unserem geistigen Auge, dem Verstande, ebenso zu betrachten uns einüben, als wir die Bilder, welche die Malerei uns vorführt, studiren. Die Entfernung und das Relief der Gegenstände werden uns durch unser Auge nicht unmittelbar gegeben; sie sind erst das Resultat der Uebung, die wir im Gebrauche unseres Instrumentes erlangen, und die Beurtheilung des Reliefs namentlich entsteht für uns nur aus der Beobachtung der Schatten. Die eingegrabenen vertieften Buchstaben eines Siegelringes z. B. erscheinen uns erhaben, sobald wir sie mit einer das Bild umkehrenden Lupe betrachten. Wir kehren dadurch die Schatten ebenfalls um.

Es giebt für jedes Auge eine gewisse Entfernung, in welcher es die Gegenstände am schärfsten und deutlichsten wahrnimmt. Bei gewöhnlichen guten Augen beträgt diese Entfernung etwa acht Zoll; man nennt dies die normale Sehweite. Unwillkürlich bringen wir bei Untersuchung von Gegenständen, die wir bis in ihre kleinsten Einzelheiten betrachten wollen, meist auch beim Lesen, Schreiben, Handarbeiten u. s. w. unser Auge in die Entfernung seiner Sehweite. Ungemein häufig finden sich indeß Abweichungen der Augen von dieser normalen Sehweite. Ist sie geringer, so ist Kurzsichtigkeit — wenn größer, Weitsichtigkeit die Folge, und meist sogar lassen die beiden Augen Unterschiede in ihrer mittleren Sehweite entdecken. Die Ursachen

dieser Abweichungen liegen besonders in größerer oder geringerer Wölbung der lichtbrechenden Oberflächen des Auges. Kurzsichtige haben meist eine stärker gewölbte, Weitsichtige eine mehr flache Hornhaut, und sehr wahrscheinlich liegt bei solchen Individuen, wo eine stärkere oder geringere Wölbung der Hornhaut nicht wahrgenommen werden kann, die Ursache in der Krümmung der Linsenoberflächen, oder auch in der größeren oder geringeren Entfernung der Krystalllinse von der Netzhaut. Junge Leute mit prallem Augapfel sind häufig kurzsichtig wegen zu starker Wölbung der Hornhaut; mit zunehmendem Alter, wo diese Prallheit abnimmt, die Wölbung geringer wird, verliert sich auch die Kurzsichtigkeit, und es begegnet nicht selten, daß solche Leute in höherem Alter weitsichtig werden und nun Sammellinsen gebrauchen müssen, während sie in ihrer Jugend zum Tragen von Zerstreuungsbrillen genöthigt waren. Der Kurzsichtige sieht kleine Gegenstände, denen er sich hinlänglich nähern kann, besser als der Weitsichtige, weil er eben bei größerer Näherung zum Auge einen größeren Gesichtswinkel für dieselben erhält; er braucht aus demselben Grunde weniger Licht als der Weitsichtige und für solche Beschäftigungen, die scharfes Sehen in der Nähe verlangen, ist der Kurzsichtige offenbar begünstigt, während ihm namentlich im Freien der Genuß der Landschaften und Aussichten, die dem Weitsichtigen vergönnt sind, bedeutend verkürzt ist.

Die Beschäftigung des Menschen, sein Stand und seine Lebensart üben, abgesehen von dem Alter, den größten Einfluß auf die Sehweite der Augen aus. Die sitzende Lebensart unserer Jugend, die stete Beschäftigung mit Lesen und Schreiben haben die Kurzsichtigkeit allgemein verbreitet und leider! droht die körperliche Infirmität auch in eine geistige auszuarten. Der Gebrauch von Wandtafeln, Wandkarten und anderweitigen Hülfsmitteln der Art, welche den Schüler zwingen, den Blick zuweilen auf etwas entferntere Gegenstände, als Buch und Heft, zu richten, kann nicht ausreichen, obgleich auch dieses geringe Mittel nicht zu verschmähen ist. Beschäftigung in der freien Natur, eifrigeres Betreiben der Naturwissenschaften, nicht nur in einem Schul-

saale bei pedantischen Büchern, trockenem Pflanzenheu und vermoderten Thierbälgen, sondern draußen bei Wind und Wetter, in Feld und Wald, wäre das rechte Mittel, der Kurzsichtigkeit entgegen zu arbeiten. Statt dessen aber erfindet man Apparate griechischen Namens, worin sieben O's mit einigen Ypsilons abwechselnd sich bestreben, eine Verrenkung der Kinnbacken zu erzeugen! Wie dem auch sei, statistische Untersuchungen haben herausgestellt, daß im Durchschnitte unter hundert Schülern und Studenten von 16—25 Jahren 94 Kurzsichtige sich befinden; daß unter den Gelehrten dies Verhältniß etwas nach Alter und Beschäftigung abnimmt, so daß theoretische Bücherwürmer 84, praktischer beschäftigte Gelehrte nur 63 Prozent Kurzsichtige zählen, während Männer höherer Stände eine noch höhere Verhältnißzahl, nämlich 67 bekommen. Kaufleute, die den größten Theil ihres Lebens am Bureau zubringen, haben 63 Prozent Kurzsichtige, während Ladendiener, Commis, Magazinbeamte, die weniger sitzende Lebensart im Kaufmannsstande führen, 48 Prozent Weitsichtige zählen. Soldaten, Künstler, Schuster und Schneider zählen mehr als die Hälfte Weitsichtiger; Jäger und Ackerbauer endlich zeigen die günstigsten Verhältnisse für die Weitsichtigkeit, indem sich unter ihnen 74 auf hundert finden.

Der so deutlich ausgeprägte Einfluß der Beschäftigung auf die Sehweite der Augen beweist zugleich, daß diese sich in gewisser Gränze den Entfernungen anzupassen vermögen, welche gewöhnlich ihnen dargeboten werden. Es giebt für jedes Auge eine gewisse Entfernung, in welcher es am schärfsten und genauesten sieht; von dieser Sehweite an nehmen die Bilder in der Nähe wie in der Ferne an Deutlichkeit ab. Unser Auge kann sich aber verschiedenen Entfernungen anpassen; es besitzt ein Akkommodationsvermögen, nach welchem es, noch innerhalb der Gränzen der deutlichen Bilder, sich den verschiedenen Entfernungen anzupassen vermag. Ein Individuum, das lange aufmerksam gelesen oder geschrieben hat, und nun plötzlich durch das Fenster nach einem entfernteren Gegenstande, etwa einer Thurmuhr blickt, auf welcher es die Stunde zu sehen gewohnt

ist, sieht in dem ersten Augenblicke das Zifferblatt verwaschen, die Zahlen und Zeiger verschwimmend, und erst nach einigen Sekunden gestaltet sich das Bild schärfer und schärfer, bis man deutlich Ziffern und Zeiger erkennt. Das Auge hat sich hier den verschiedenen Entfernungen, die ihm geboten wurden, angepaßt, und es muß offenbar eine innere Veränderung im Auge vor sich gegangen sein, wodurch die Verhältnisse der optischen, lichtbrechenden Medien zu der Netzhaut in dem Grade verändert wurden, daß nun das Bild der entfernteren Gegenstände deutlich auf derselben entworfen wird. Mittelst des Helmholtz'schen Augenspiegels, durch den man die Bilder erblicken kann, die sich auf der Netzhaut eines lebenden Menschen abspiegeln, kann man sich überzeugen, daß das Auge stets nur auf eine gewisse Entfernung eingestellt ist. Die Bilder der Körper, welche in dieser Entfernung liegen, sind deutlich — alle andere aber undeutlich. Faßt der Mensch einen vor oder hinter dem Körper liegenden Gegenstand ins Auge, so wird das Bild dieses Gegenstandes deutlich, dasjenige des ursprünglich betrachteten Körpers dagegen undeutlich — ein deutlicher Beweis, daß keine Veränderung der Sehaxe, keine Augenbewegung nöthig ist, um die Einstellung zu bewirken, und daß diese im Inneren des Auges vor sich gehe.

Man hat vielfach zu bestimmen gesucht, auf welcher inneren Veränderung dies Akkommodationsvermögen beruhe, ohne zu genügenden Resultaten zu kommen. Die Verhältnisse der kurz- und weitsichtigen Augen mußten zuerst auf die Vermuthung bringen, daß die Hornhaut beim Anpassen an entfernte Gegenstände abgeplattet, beim Nahesehen gewölbt würde; allein unmittelbare Beobachtung scheint diese Annahme nicht zu bestätigen. Eben so wenig hat die Zusammendrückung des Augapfels durch die Muskeln einigen Grund für sich. Die wahrscheinlichste Annahme bleibt noch die, daß die Krystalllinse selbst im Inneren des Auges etwas Weniges vor und rückwärts bewegt werden könne und daß durch diese Veränderung der Entfernung zwischen Krystalllinse und Netzhaut die Akkommodation vermittelt werde. Man hat berechnet, daß es nur eines Vorrückens der Linse von

etwa einem Zehntel einer Linie bedürfe, um das Auge allen möglichen Entfernungen anzupassen, und es ist leicht einzusehen, daß bei der Undurchsichtigkeit der seitlichen Wände des Augapfels, der großen Beweglichkeit desselben und der ziemlich freien Lage, Bewegungen, welche in dem Inneren dieses Organs vor sich gehen und innerhalb des zehnten Theiles einer Linie spielen, gar nicht thatsächlich nachgewiesen werden können. Die Möglichkeit einer solchen Bewegung ist aber allerdings gegeben durch die Art und Weise, mit welcher die Linse an der ihr angewiesenen Stelle im Auge befestigt ist, und namentlich durch die Wirkung des muskulösen Strahlenbandes, combinirt mit der größeren oder geringeren Anfüllung der Choroidealgefäße, durch welche der Raum im Inneren des Augapfels verengert und erweitert werden kann.

Durch mannichfache Versuche läßt sich zeigen, daß die Entfernung der Krystalllinse von der Netzhaut, bei sonst gleich bleibender Beschaffenheit der übrigen Augentheile, einen wesentlichen Einfluß auf die Beschaffenheit der Netzhautbilder üben müsse, und daß die Stellung dieser Bilder bei Entfernung oder Näherung der Gegenstände eine sehr verschiedene sei. Der sogenannte Scheiner'sche Versuch, den Jeder leicht anstellen kann, ist in dieser Beziehung wohl einer der einfachsten Fundamentalversuche. Man sticht mit einer nicht zu dicken Stecknadel in ein Kartenblatt zwei Löcher, welche höchstens zwei Millimeter von einander abstehen, und hält nun das Kartenblatt so vor das Auge, daß man durch beide Löcher zugleich mit dem Auge sieht. Betrachtet man nun eine Stecknadel, die man in verschiedene Entfernungen vor- und rückwärts bewegt, so sieht man dieselbe in der normalen Sehweite des Auges, bei etwa 6—10 Zoll Abstand, einfach. In jeder andern Entfernung, näher und entfernter von dem Auge, wird die Stecknadel doppelt gesehen, und zwar entfernen sich die Doppelbilder um so mehr von einander, je näher oder weiter von dem Auge man die Stecknadel hält. Bringt man dieselbe dem Auge zu nahe und hält man nun das Loch auf der rechten Seite zu, so verschwindet das Doppelbild

auf der linken Seite und umgekehrt; hält man aber die Stecknadel über die Sehweite hinaus und verstopft man nun das Loch auf der rechten Seite, so verschwindet das Doppelbild auf der rechten Seite und nicht auf der linken, wie es bei zu großer Näherung der Fall war.

Die Erklärung dieses Versuches läßt sich bei einigem Nachdenken leicht finden. Die Lichtstrahlen, welche von dem linien- oder punktförmigen Objekte ausgehen, gelangen durch die beiden Löcher des Kartenblattes in das Auge, sie bilden mithin einen Winkel, dessen Spitze in der Stecknadel liegt und dessen Oeffnung von der Entfernung der beiden Löcher von einander abhängt. Durch die Linse werden die Lichtstrahlen nach innen gebrochen, so daß sie sich in einem gewissen Punkte hinter der Linse wieder schneiden müssen. Steht nun die Stecknadel in der richtigen Sehweite, so fällt der Vereinigungspunkt der Lichtstrahlen genau auf die Netzhaut; es entsteht somit auf dieser nur ein einzelnes Bild und es wird demnach auch nur ein einfaches Bild empfunden und gesehen.

Wird hingegen die Stecknadel zu weit von dem Auge entfernt, so wird die Brechung der eintretenden Strahlen so gering, daß sie erst weit hinter der Netzhaut einander schneiden werden. Die Lichtstrahlen treffen demnach auf verschiedene Stellen der Netzhaut und entwerfen dort Bilder, die als verschieden aufgefaßt und empfunden werden. Das Gegentheil findet Statt bei zu großer Näherung; die unter starkem Winkel einfallenden Strahlen werden stark gebrochen und schneiden einander im Inneren des Auges, noch ehe sie zur Netzhaut gelangen, so daß sie auf dieser gekreuzte Bilder entwerfen. Aus dieser Kreuzung im Inneren des Auges erklärt sich dann auch der Umstand, daß bei zu großer Näherung des zu betrachtenden Gegenstandes und beim Zuhalten des einen Loches das Doppelbild der entgegengesetzten Seite verschwindet, während bei übermäßiger Entfernung, wo sich die Strahlen erst hinter der Netzhaut kreuzen würden, das Doppelbild derselben Seite verschwindet.

Dieser einfache Versuch liegt allen denjenigen Einrichtungen zu Grunde, welche man zur Messung der deutlichen Sehweite gebraucht. Diese ist ganz einfach durch den Raum begränzt, innerhalb dessen man die Stecknadel einfach und deutlich sieht. Man bezeichnet die Gränzpunkte dieses Raumes, der stets eine gewisse Länge hat, als Nähe- und Fernpunkt der deutlichen Sehweite. Die genauere Bestimmung dieser Entfernung ist nicht nur für den Gebrauch optischer Instrumente, wie z. B. des Fernrohres und Mikroskopes, sehr wichtig, sondern auch von praktischem Werthe, z. B. für die Feststellung der Kurzsichtigkeit bei Rekruten. Zu diesem letzteren Zwecke wird, um Betrug zu vermeiden, der Versuch in etwas abgeänderter Weise innerhalb eines Apparates angestellt, in welchem man das Objekt, ohne daß es der Beobachter merkt, hin und her rücken kann. Bei solchen genaueren Messungen hat sich denn auch ergeben, daß unser Auge wegen der ungleichen Krümmung der brechenden Flächen niemals gleichzeitig für alle einfallenden Lichtstrahlen eingestellt ist, so daß wir die Körper, welche in horizontalen und vertikalen Ebenen gleich weit von dem Auge entfernt sind, nicht mit gleicher Deutlichkeit sehen. Gewöhnlich ist unser Auge für die Strahlen der horizontalen Ebene und zwar für die Ferne eingerichtet, so daß zu der Nahsicht und zum Erblicken der Gegenstände in gleicher Entfernung, aber in der vertikalen Ebene, eine Akkommodation gehört.

Die Schärfe des Sehens oder die Fähigkeit des Auges, jeden Punkt eines Gegenstandes als genau begränzt zu unterscheiden, hängt durchaus von der genauen Krümmung der brechenden Flächen ab, wodurch die sämmtlichen Strahlen, die von einem Punkte ausgehen, auch auf demselben Punkte der Netzhaut wieder gesammelt werden. Da indessen diese Bedingung nicht genau für alle Punkte im Raume hergestellt sein kann, so sehen wir nur von einzelnen Punkten richtig construirte Bilder, von anderen aber mehr oder minder große, aus Zerstreuungskreisen bestehende; verwaschene Bilder. Diese Zerstreuungskreise zeigen sich besonders an den Contouren der Gegenstände, sobald diese

nicht vollkommen innerhalb der Sehweite liegen. Ihre Auffassung und richtige Darstellung in der Malerei bedingt die Weichheit der Contouren, welche den ausgebildeten Künstler von dem Anfänger unterscheidet. Gegenstände, deren Ränder besonders auch bei Beleuchtung von verschiedenen Seiten her undeutlich erscheinen, werden dann deutlicher, wenn man eine feine Oeffnung vor das Auge schiebt und so die Zerstreuungskreise aufhebt, die besonders bei stark leuchtenden Körpern in Gestalt von Strahlenbüscheln sich darstellen und so die Auffassung der Form wesentlich stören. Viele bewerkstelligen dies durch starkes Blinzeln, indem sie das Auge bis auf eine geringe Spalte schließen. Bei Augen, welche, wie das meinige, für Lichtbüschel außerordentlich empfindlich sind, genügt aber dieses Mittel nicht, und man muß sich dann durch geeignetes Zusammendrücken der Fingerspitzen eine solche feine Oeffnung herstellen.

Eine sehr wesentliche Bedingung zum deutlichen Sehen ist ferner die Stellung der Bilder auf der Netzhautfläche selbst. Nur diejenigen Axenstrahlen, welche den gelben Fleck und dessen nächste Umgebung treffen, werden deutlich und genau aufgefaßt, so daß also diejenigen Körper, deren Strahlen nur um zehn Grade von der Sehaxe abweichen, schon verwaschen, die weiter abweichenden kaum mehr gesehen werden. Die meisten Menschen haben sich so vollkommen daran gewöhnt, nur die deutlichen, in den gelben Fleck fallenden Bilder aufzufassen, die übrigen schwächeren aber unbeachtet zu lassen, daß der Raum ihres direkten deutlichen Sehens nur ein äußerst kleiner ist. Ebenso aber, wie man sich durch Aufmerksamkeit und festen Willen daran gewöhnen kann, viele Erscheinungen zu sehen, welche der gewöhnlichen Auffassung entgehen, so kann man sich auch daran gewöhnen, diese verwaschenen und undeutlichen Bilder, welche außerhalb des gelben Fleckes und der unmittelbaren Umgebung der Augenaxe fallen, mit größerer Bestimmtheit aufzufassen. Man wird diese Fähigkeit z. B. bei Schulmeistern, die eine zahlreiche Klasse böser Jungen zu beobachten haben, in ausgezeichneter Vollkommenheit entwickelt finden.

Es giebt eine Stelle in der Netzhaut, die zwar innerhalb der Gränze der verwaschenen Bilder liegt, welche aber dennoch vollkommen unempfindlich für die Lichtstrahlen ist. Der alte Physiker Mariotte, dem wir die Bestimmung des Gesetzes vom Luftdrucke und dessen Abnahme nach oben verdanken, hatte schon durch Versuche diese Stelle ermittelt. Um sich von der Thatsache zu überzeugen, bedarf es nur zweier Punkte, die man auf einen weißen Bogen in einer horizontalen Entfernung von zwei bis drei Zollen aufträgt. Man fixire von den drei hier in einer horizontalen Linie angebrachten Punkten

● a ● b ● c

den Punkt a mit dem rechten Auge, während man das linke schließt, so wird man bald nach einigem Suchen und Verändern der Kopfstellung, nach einigem Nähern und Entfernen die richtige Distanz finden, in welcher man den Punkt c nicht mehr sieht. Bei normalsichtigen Menschen wird dies Verschwinden des Punktes c etwa in einer Entfernuug vou 8 Zollen und besonders dann eintreten, weun sie etwas links über den Punkt a fixiren. Rückt man nun das Papier näher, so wird der Punkt c wieder sichtbar, während dagegen der Punkt b vollkommen verschwindet. Genauere Bestimmung lehrt nun, daß der von dem verschwindenden Punkte ausgehende Lichtstrahl mit der Sehaxe einen Winkel von 13—17 Graden machen muß, wenn er nicht empfunden werden soll, und daß die Verlängerung des Lichtstrahles genau auf die Eintrittsstelle des Sehnerven fällt. Diese Stelle befindet sich etwa 1,8 Pariser Linien von der Sehaxe nach innen, uud die ganze blinde Stelle hat im Auge selbst nicht ganz den Durchmesser einer Pariser Linie und eine rundliche Gestalt. Ueberträgt man dies nach Außen, so findet man, daß die absolut dunkle Stelle in unserem Sehfelde etwa sechs Grade, d. h. einen Platz einuimmt, auf dem etwa eilf einander berührende Vollmonde Raum haben würden. Wie ist es möglich, wird der Leser fragen, daß ein dunkler Fleck von solcher Größe bei unserem gewöhnlichen Sehen gänzlich unserer Auffassung entgeht,

während er doch, wenn wir den Himmel betrachten, uns als ein rundliches Loch in dem blauen Gewölbe erscheinen müßte? — Drei verschiedene Umstände verhindern diese Auffassung des unempfindlichen, blinden Fleckes im Sehfelde. Wir sind gewöhnt, die verschwommenen, außerhalb der Sehaxe liegenden Bilder nur dann aufzufassen, wenn sie etwas Außerordentliches darbieten, eine auffallende Lichtstärke, eine schnelle Bewegung, eine ungewöhnliche Form. Alle diese Charaktere fehlen dem blinden Flecken — das Fehlen der Objekte in diesem Raume, von deren Dasein wir uns durch eine veränderte Augenstellung überzeugen, wird von uns unserem Mangel an Aufmerksamkeit zugeschrieben. — Beim Sehen mit beiden Augen fallen die Lichtstrahlen, welche in dem einen Auge den blinden Fleck treffen, im andern auf eine empfindliche identische Stelle und werden, wie wir im Folgenden sehen werden, deshalb bei der Combination beider Augenbildchen zu einer Empfindung als von beiden Augen gesehen aufgefaßt. — Endlich aber ergänzt unser Bewußtsein die an der blinden Stelle fehlende Empfindung durch die Empfindung der Nachbartheile — es überzieht den blinden Fleck mit den benachbarten Bildern. Deshalb erscheint uns das Loch im Himmel nicht schwarz — unser Bewußtsein streicht ihn mit der umgebenden blauen Himmelsfarbe an. Macht man einen schwarzen Fleck, so groß als der blinde Fleck nach Außen übertragen sein würde, auf ein weißes Papier, so erscheint der Fleck weiß — zieht man eine Linie, die dem blinden Fleck entsprechend unterbrochen ist, so erscheint uns die Linie als ununterbrochen, weil das Bewußtsein ihre Fortsetzung über die unempfindliche Stelle hinaus ergänzt. Wir sehen, wie einer der bewährtesten Forscher sich ausdrückt, den Zusammenhang der Dinge, die in die nicht sichtbare Region des Sehfeldes hineinragen; überhaupt so, wie er am einfachsten und wahrscheinlichsten ist, und es ist dies ein neuer Beweis zu der Erfahrung, daß Vorstellungen, zu denen wir durch Schlüsse, die wir aus unseren Empfindungen ziehen, veranlaßt werden, so mit den Empfindungen selbst verschmelzen

können, daß wir sie nicht mehr zu unterscheiden wissen und das wirklich zu empfinden glauben, was wir uns nur vorstellen.

Wir haben in dem Vorhergehenden das Sehen in einer Weise abgehandelt, als wenn es sich nur auf ein einziges Auge bezöge; zwei Augen zu besitzen ist indeß durchaus kein Luxus, und die Natur hat Vorrichtungen getroffen, welche dahin zielen, diese beiden Instrumente in steter Uebereinstimmung zu erhalten. Wir besitzen zwei Augen und sehen dennoch nur einfach; es fragt sich: wie es komme, daß die beiden, auf unseren Netzhäuten entworfenen Bilder nur als ein einziges aufgefaßt werden? Man hat durch Versuche gefunden, daß alle Bilder einfach empfunden werden, sobald sie in beiden Augen so auf den Netzhäuten sich darstellen, daß sie in gleicher Entfernung von der Sehaxe auf entgegengesetzte Seiten fallen. Ein Gegenstand, dessen Bild im linken Auge eine Linie weit nach außen von dem Ende der Sehaxe (dem gelben Flecken) sich entwirft, wird nur dann einfach gesehen, wenn sein Bild in dem rechten Auge eine Linie weit nach innen sich spiegelt. Man nennt diese Punkte die identischen Punkte der Netzhaut, und alle diejenigen Punkte der beiden Netzhäute sind identisch, die einander decken würden, wenn man die Augen beider Seiten nach der Mittellinie hin übereinander schieben würde. Die innere Seite des einen Auges würde dann die äußere decken, während die beiden Axen dieselben sein würden.

Bei dem gewöhnlichen Sehen richten wir indeß stets unsere Augen so, daß ihre Axen in demjenigen Punkt convergiren, welchen man genauer fixiren will, und es läßt sich leicht durch den einfachsten Versuch beweisen, daß diese Convergenz der beiden Augenaxen wirklich bei dem Fixiren irgend eines Gegenstandes eintritt. Heftet man den Blick auf das Kreuz eines Fensters, hinter welchem in der Ferne ein Thurm steht, so erscheint das Kreuz einfach, der Thurm doppelt, und hält man nun noch den Finger in einiger Entfernung gerade vor die Nase, so erscheint auch dieser doppelt. Schließt man nun das rechte Auge, so verschwindet das Doppelbild des Fingers auf der linken Seite und das Doppelbild des Thurmes auf der rechten

Seite, ein Beweis, daß eine wirkliche Kreuzung der Sehaxen Statt findet.

Die Convergenz der beiden Sehaxen wird uns gewöhnlich dadurch bewußt, daß wir die Entfernung eines Gegenstandes nach ihr abschätzen. Je näher ein Punkt unseren Augen liegt, desto stärker müssen wir die Augenaxen gegen einander richten, um sie auf diesem Punkte sich schneiden zu lassen. Je entfernter der Punkt, desto mehr wird die Richtung der Augenaxen dem Parallelismus sich nähern. Außer der Abstraktion, die wir von der Kenntniß der Größe der Gegenstände und ihrer Abnahme unter einem gewissen Gesichtswinkel entnehmen, ist sicherlich diese gewissermaßen bewußte Auffassung der Convergenz der Augenaxen eines der wesentlichsten Mittel zur Beurtheilung der Entfernung der Gegenstände. Wir sind in der That weit unsicherer in dieser Schätzung, wenn wir nur mit einem Auge einen unbekannten Körper sehen; — da es uns aber gelingt, auch hier ein richtiges Urtheil uns zu bilden, so muß diese Schätzung noch von weiteren Umständen abhängen. Schon oben erwähnten wir, daß bei bekannten Körpern uns die Größe des Sehwinkels, unter welchem wir den Körper sehen, den Maßstab zur Schätzung der Entfernung abgiebt. Außer dem aber haben wir gewiß eben so, wie von der Convergenz der Augenaxen, so auch von der Ausübung des Akkommodationsvermögens im Auge eine bewußte Vorstellung, die sich als Auffassung der Entfernung ausprägt. Endlich helfen wir uns noch durch Beobachtung der Lichtstärke und der Farbe, die freilich äußerst trügerisch sind, bei bekannten Gegenständen aber einen ziemlichen Grad von Sicherheit erreicht. Stärker leuchtende Gegenstände erscheinen uns näher, schwächer leuchtende entfernter. Wird das Medium, durch welches wir bekannte Gegenstände sehen, undurchsichtiger, so erscheinen uns diese ferner. Jedermann weiß aus täglicher Erfahrung, daß nahe Gegenstände beim Nebel in scheinbar weit größerer Entfernung sich zeigen. Die Anwohner von Bergketten benutzen die Durchsichtigkeit der Luft als Barometer. „Die Berge scheinen nahe, es wird bald Regen geben“, hört man oft

in Bern oder ähnlichen Orten auf die Frage nach dem Wetter antworten.

Ein ähnliches Zusammenwirken verschiedener Reflexionen findet bei der Beurtheilung der Körperlichkeit eines Gegenstandes Statt. Gewöhnlich folgt diese daraus, daß man zur Auffassung der verschiedenen Flächen auch verschiedener Einstellungen der beiden Augen bedarf und die abweichenden Bilder zu einem Ganzen combinirt. Hierauf beruht die Einrichtung der sogenannten Stereoskope, in welchen man vor jedes Auge das gesonderte Bild eines Körpers bringt, das perspektivisch für dieses Auge entworfen ist, und wo dann durch das Zusammenfallen der beiden Bilder diese als ein einziger körperlicher Gegenstand aufgefaßt werden. Sieht man z. B. einen Kegel, dessen Spitze beim Anblicken mit beiden Augen gerade auf uns zugerichtet scheint, bei unverrückter Kopfstellung mir mit einem Auge an, so erscheint uns seine Spitze nach innen gegen die Nase gerichtet; entwirft man sich nun zwei perspektivische Bilder dieses Kegels für beide Augen, so wird in dem für das linke Auge berechneten Bilde die Spitze nach rechts, in dem für das rechte Auge gezeichneten nach links gerichtet erscheinen; — bringt man nun diese Bilder in der richtigen Sehweite in einem Kasten z. B. an, wo durch eine mittlere Scheidewand jedes Auge das ihm zugehörige Bild abgesondert sieht, so werden beide Bilder gemeinschaftlich als ein körperliches aufgefaßt. Der Eindruck des Körperlichen kann aber auch beim Sehen mit nur einem Auge durch eine Reihenfolge schneller Blicke erzeugt werden, welche die verschiedenen Flächen auffassen und die gesonderten Eindrücke als ein Ganzes erscheinen lassen. Endlich erscheint aber auch der Eindruck des Körperlichen bei der unmeßbar kurzen Beleuchtung durch den elektrischen Funken, den Blitz, bei welcher eine Wiederholung mehrerer Blicke nicht Statt finden kann.

Die Kreislinie hat die Eigenschaft, daß alle möglichen Dreiecke, welche eine gemeinschaftliche Sehne des Kreises zur Basis haben und deren Spitze in der Peripherie liegt, auch

gleiche Winkel an der Peripherie haben. Bei der Einstellung beider Sehaxen auf einen gewissen Punkt aber bilden die beiden Sehaxen die Schenkel eines Dreieckes, dessen Basis durch die Entfernung der Kreuzungspunkte beider Augen bestimmt ist und dessen Spitze eben in dem Schneidepunkte der Sehaxen liegt. Nimmt man nun diese Entfernung der Kreuzungspunkte beider Augen als die Sehne eines Kreises, dessen Peripherie noch ferner durch den Schneidepunkt der Sehaxen bestimmt ist, so müssen alle Dreiecke, welche man innerhalb dieses Kreises auf der gegebenen Sehne construirt, an der Spitze gleiche Winkel haben, folglich ihre Schenkel unter gleichen Winkeln in die Augen einfallen und an identischen Netzhautstellen gebrochen werden. Man nennt diesen Kreis, welcher durch die Kreuzungspunkte beider Augen und den Schneidepunkt der Augenaxen gelegt ist, den Horopter oder Sehkreis, und es geht aus dem angeführten geometrischen Gesetze hervor, daß alle an der Peripherie des Horopter gelegenen Gegenstände einfach gesehen werden, während die innerhalb sowohl als außerhalb gelegenen Objekte Doppelbilder erzeugen, weil ihre Bilder auf differente Netzhautstellen fallen. Sobald die Sehaxen einander in keinem Punkte schneiden, so kann auch kein Horopter geometrisch construirt und folglich kein einfaches Bild erzeugt werden; wir wissen in der That, daß beim Hinstarren auf einen Gegenstand, wo wir die Augenaxen allmählich parallel mit einander stellen, alle Gegenstände doppelt gesehen werden.

Zu scharfem, deutlichem Einfachsehen mit beiden Augen gehört demnach nothwendig die vollkommene Beweglichkeit der beiden Augäpfel, wodurch die Sehaxen mit gleicher Leichtigkeit nach demselben Punkte gerichtet werden können. Bei verschiedener Schärfe beider Augen gewöhnt man sich indeß sehr leicht, nur das bessere Auge zu gebrauchen und das schwächere gar nicht auf den Gegenstand einzustellen; hierauf, so wie auf manchen anderen krankhaften Verhältnissen, beruht sehr oft das Schielen. Es würde zu weit führen, hier auf die ursächlichen Bedingungen der abnormen Augenstellungen, welche man unter

diesem Ausdrucke begreift, einzugehen; — es ist leicht einzusehen, welchen Nachtheil eine solche krankhafte Stellung der Augen, wobei beide Augenaxen nicht auf denselben Punkt eingestellt sind, auf den Sehprozeß im Allgemeinen ausüben müssen.

Jedes auf der Netzhaut erzeugte Bild bedarf einer gewissen Zeit, während welcher es empfunden wird; die Dauer, so kurz sie auch sein mag, läßt sich durch mechanische Verrichtungen bestimmen. Jeder weiß, daß eine glühende Kohle, die man mit großer Geschwindigkeit im Kreise schwingt, nicht als runder Körper, sondern als glühender Kreis erscheint. Jedenfalls entstehen eben so viele Netzhautbildchen bei dem Umschwunge, als die Kohle Punkte im Raume berührt; die Kohle hat aber ihren Umschwung vollendet und ein letztes Netzhautbildchen erzeugt, ehe die Empfindung des ersten noch verschwunden ist, und so erscheint sie als feuriger, zusammenhängender Kreis. Eine Menge niedlicher Spielwerkzeuge beruhen auf dieser Dauer des Netzhautbildchens. Man malt auf eine Scheibe, die man schnell drehen kann, z. B. einen Seiltänzer in zwölf verschiedenen Stellungen. Auf dem ersten Bildchen steht er aufrecht, im zweiten erscheint er etwas über dem Seile, im dritten höher, im vierten noch höher, und so fort bis zum letzten, so daß alle verschiedenen Bilder die einzelnen, im Sprunge und Tanze auf dem Seile ausgeführten Bewegungen in rhythmischer Reihenfolge darstellen. Dreht man nun schnell die Scheibe, so scheint der Seiltänzer in lebhafter Tanz- und Sprungbewegung, weil jedes neue Bildchen erscheint, ehe der Eindruck des alten verschwunden war, und so die Verschmelzung der Bilder den Gesammteindruck der Bewegung hervorruft. Durch Bestimmung der Drehungsgeschwindigkeit solcher Apparate hat man berechnet, daß die Dauer eines Netzhautbildchens etwa 2—3 Tertien betrage, mithin jeder Eindruck, der sich innerhalb dieser Zeit wiederholt, als mit dem vorigen verschmolzen empfunden wird.

Unser Auge ist ein vollkommen achromatisches Werkzeug, d. h. es sieht die Gegenstände in den Farben, welche ihnen zugehören. Indeß kommen nicht selten Menschen vor, welche ein-

zelne Farben nicht unterscheiden können und der bekannte Physiker Dalton namentlich war in diesem Falle. Das Grün eines Buchbaumes, welcher in frischem Blätterschmucke des Frühlinges prangte, schien ihm genau dieselbe Farbe, wie der rothe Uniformrock eines englischen Offiziers. Meistens indeß findet sich diese Unmöglichkeit der Farbenunterscheidung nur bei schwächerem Grade der Färbung, und viele Menschen sind unfähig, solche Grade zu unterscheiden, ohne sich dessen bewußt zu werden. Einer meiner Freunde lernte seinen Fehler erst durch die Frage seiner Frau kennen, welcher er während einer Abwesenheit stets auf rosenrothem Papier geschrieben hatte. Er stand in dem festen Glauben, weißes Papier benutzt zu haben, während die Gattin die Wahl der Farbe als eine zarte symbolische Anspielung betrachtete. Am leichtesten werden die Nuancen des Gelb unterschieden, am schwierigsten die des Roth und des Grün, und bei dem Verwechseln der Farben, welches seltener vorkommt als die mangelhafte Auffassung des Grades und der Nuance, sind es ebenfalls Roth und seine Mischungen, welche am leichtesten der Auffassung entgehen. So giebt es viele Personen, die Ziegelroth, Rostbraun und Dunkelolivengrün nicht zu unterscheiden vermögen, andere Rosenroth, Lila, Violettgrau und Himmelblau, und bei genauerer Untersuchung findet man, daß im Durchschnitte der zehnte bis zwanzigste Mensch an diesem Fehler des mangelhaften Farbensehens leidet.

Das Verhalten unseres Auges zu den Farben der Körper hat zu den vielfältigsten Untersuchungen Veranlassung gegeben, die großentheils nicht ohne Gefahr für das Auge selbst sind. Bekanntlich besteht das weiße Licht aus einer Anzahl verschiedener Strahlen, die durch das Prisma von einander getrennt und isolirt aufgefaßt werden können. Die verschieden gefärbten Strahlen dieser Regenbogenfarben hängen von Wellenschwingungen des Lichtäthers ab, die von verschiedener Länge sind. Der rothe Strahl hat die längsten, der violette die kürzesten Wellen. Die einzelnen Nuancen werden durch Mischungen dieser Grund-

farben hervorgebracht und die Zusammenmischung aller giebt wieder das weiße ungefärbte Licht.

Man glaubte nun bisher, daß die Mischfarben, welche aus der Vermengung verschiedener Farbestoffe entstehen, demselben Gesetze folgen, wie die Mischung der gefärbten Lichtstrahlen selber. Für den Maler existiren nur drei Grundfarben: Gelb, Blau und Roth. Die Mischung dieser drei in verschiedenem Verhältniß erzeugt alle Farben vom tiefsten Schwarz durch sämmtliche Töne hindurch. Blau und Gelb bildet Grün; Grün mit Roth Braun u. s. w. Neuere Untersuchungen haben aber gezeigt, daß die Mischfarbe, welche wir bei dem Mengen zweier Farbestoffe erblicken, nicht von der Vermischung zweier verschiedener Farbestrahlen abhängt, sondern von der Durchlassung gefärbter Strahlen durch das Gemenge. Die Mischung der Farbestrahlen des Prisma's, die man auch durch den sogenannten Farbenkreisel erzeugen kann (eine Scheibe, auf die man verschiedene Farben aufträgt und die hernach in so schnellem Schwunge herumgedreht wird, daß die Eindrücke dieser Farben sich mischen); diese Mischung liefert das Resultat, daß man fünf Grundfarben: Roth, Gelb, Grün, Blau, Violett, annehmen muß, und daß die Mengung dieser Farbestrahlen ganz andere Töne giebt, als die Mengung der Farbestoffe. Jeder, der sich ein bischen mit Malerei beschäftigt hat, wird sogleich sehen, wie außerordentlich verschieden die nachstehenden Mischungstabellen sind:

Farben		Mischung prismatischer Farbenstrahlen	Mischung von Farbestoffen bei der Malerei.
Roth und Violett	giebt	Purpur	Purpur
Roth und Blau	„	Rosa	Violett
Roth und Grün	„	Mattgelb	Grau
Roth und Gelb	„	Orange	Orange
Grün und Blau	„	Blaugrün	Blaugrün
Gelb und Violett	„	Rosa	Grau
Gelb und Blau	„	Weiß	Grün
Gelb und Grün	„	Gelbgrün	Gelbgrün
Grün und Violett	„	Blaßblau	Grau
Blau und Violett	„	Indigoblau	Dunkelviolett.

Gelb und Blau giebt hier Weiß, bei Mischung der Farbestoffe dagegen Grün. Die Erklärung für diesen Unterschied beruht auf dem Durchlassen des Lichtes. Blaue Körper lassen grünes, violettes und blaues Licht durch; gelbe Körper dagegen sind für grünes, rothes und gelbes Licht durchgänglich. In dem gemischten Farbestoffe wird das rothe und gelbe Licht von den blauen Farbetheilchen, das blaue und violette dagegen von den gelben Farbetheilchen zurückgehalten, und nur die grünen Farbestrahlen gehen ungehindert durch beide. Man könnte also wohl sagen, daß bei der Mischung von Farbestrahlen eine direkte positive Mischfarbe erzeugt wird, bei der Mischung von Farbestoffen dagegen eine indirekte negative, bedingt durch die Ausschließung der anders gefärbten Strahlen.

Von besonderer Wichtigkeit für die Beurtheilung der Farben ist nun die Nebeneinanderstellung derselben in der Art, daß verschieden gefärbte Lichtstrahlen gleichzeitig verschiedene Orte der Netzhaut berühren, wodurch Empfindungen und Auffassungen erzeugt werden, welche durchaus verschieden sind von denen, die jeder dieser Lichtstrahlen erzeugt haben würde, wenn er zu verschiedenen Zeiten die Netzhaut getroffen hätte. Der Laie, welcher dem Maler beim Beginnen eines Bildes zuschaut, begreift oft nicht, wie dieser einen Farbenton für einen bestimmten Gegenstand wählen könne, der mit seiner Auffassung der Farbe in direktem Widerspruche steht. Erst wenn das Bild fertig und die anderen Farben durch ihren Contrast jenen Ton hervorgehoben haben, sieht er, daß dieser der richtige war. Zur Hervorbringung dieser Wirkungen gehören indeß mancherlei, zum Theil noch unerforschte Bedingungen. Das weiße Licht nimmt nur dann Nebenfarben oder sogenannte Ergänzungsfarben an, wenn die Farbestrahlen selbst noch mit weißem Lichte gemischt und das Weiß ebenfalls gedämpft ist. Unter diesen Bedingungen sieht man folgende Ergänzungsfarben:

Weißes Licht erscheint Grün, wenn gleichzeitig Roth auffällt
" " " Violett " " Gelb "
" " " Blau " " Orange "

und umgekehrt, es erscheinen die weiß erleuchteten Stellen Roth, Gelb, Orange, wenn andere Orte desselben Auges gleichzeitig von Grün, Violett, Blau getroffen werden. Da aber bei unseren Farbenmischungen niemals rein weißes Licht angewandt wird und wir stets nur verschieden gefärbte Strahlen zusammen auffassen, so verwickelt sich die Untersuchung weit mehr, und man kann im Allgemeinen nur den Satz aufstellen: daß die schwächere Farbe, je näher sie dem Weiß steht, um so mehr mit dem Ergänzungstone der stärkeren Farbe sich mischt, so daß also z. B. ein helles Rosa neben einem tiefen Roth eine grünlich-graue Tinte annimmt. Trotz vielfacher Untersuchungen hängt hier noch Alles von gewissen praktischen Regeln und von dem ästhetischen Farbensinne nicht nur der Individuen, sondern auch ganzer Volksstämme ab, die in dieser Beziehung mancherlei bemerkenswerthe Verschiedenheiten bieten.

Der Eindruck, den eine lebhafte Farbe auf die Netzhaut macht, verliert sich nach und nach durch eine Reihe von Nachbildern, die in bestimmten, vielleicht nach den einzelnen Individuen verschiedenen Farbenreihen abklingen, und die um so stärker sind, je stärker und länger andauernd der Eindruck war. Zuerst erscheinen diese Nachbilder in den Ergänzungsfarben, später klingen sie unmerklich ab, so daß man nur bei speziell gesteigerter Aufmerksamkeit sie verfolgen kann. Betrachtet man einen hellrothen oder hellgelben Gegenstand lange auf weißem Grunde, bis das Auge ermüdet, und blickt man weg, so erscheint das Ergänzungsbild in grüner oder blauer Farbe. Man hat diese Reaktion der Netzhaut zu mancherlei Spielwerken benutzt, indem man namentlich Portraits mit den Ergänzungsfarben schreiend anmalt, das Gesicht grünlich, den Rock roth, u. s. w. Starrt man solche Bilder längere Zeit an und wirft dann den Blick gegen die Decke des Zimmers, so sieht man das Nachbild des Portraits in seinen natürlichen Farben, welche die complementären der bizarren Färbung sind.

Auf eine besondere Reihe von Erscheinungen, die mehr oder minder fast in jedem Auge vorkommen, verdient hier noch

besonders aufmerksam gemacht zu werden. Es versteht sich wohl von selbst, daß nicht nur von den äußeren Objekten, sondern auch von den im Auge selbst befindlichen Gegenständen Bilder auf der Netzhaut entworfen und empfunden werden, die freilich meist undeutlich und vage sein müssen, da die Gegenstände nicht in gehöriger Sehweite liegen. Sind die verschiedenen vor der Netzhaut gelegenen Theile, welche Lichtstrahlen durchlassen können, vollkommen durchsichtig und wasserklar, so können sie keine Bilder entstehen lassen, während jeder trübe oder undurchsichtige Körper sogleich muß wahrgenommen werden. Die meisten Leute haben kleine Unvollkommenheiten in den durchsichtigen Medien des Auges, welche beim aufmerksamen Schauen in den Himmel oder beim Spähen durch Mikroskope und Fernröhre sich störend in die Sehaxen stellen, meist durch einen Ruck entfernt werden können, zuweilen aber selbst sehr lästig für das Sehen werden. Es stellen sich diese Körper in Gestalt von Perlschnüren, Rosenkränzen, geschlängelten Fäden dar, die stets in derselben Form wieder erscheinen und besonders bei Reizung und beginnender Ermüdung der Netzhäute sehr deutlich in das Gesichtsfeld treten. Wohl alle Mikroskopiker, deren Bekanntschaft ich gemacht, besaßen eine solche Figur, auf welche die Beschäftigung aufmerksam gemacht hat; ich selbst besitze eine solche in Form eines fliegenden Drachen, wie man deren als Spielwerk in die Höhe steigen läßt, und ich erinnere mich, schon in meiner frühesten Jugend auf diese Figur aufmerksam geworden zu sein, die mich damals sehr quälte, da ich sie mit allerlei kindlichen Vorstellungen über den Teufel in Zusammenhang brachte.

Nicht zu verwechseln mit solchen Figuren sind die wirklichen subjektiven Gesichtsphänomene, welche von Reizungen und partiellen Lähmungen der Netzhäute und Sehnerven ausgehen. Der Sehnerve reagirt auf jeden Reiz durch Empfindung seines spezifischen Gebietes, durch Lichtempfindung; was für den Gefühlsnerven der Schmerz ist, das ist für den Sehnerven das Licht, und so wird es begreiflich, daß bei beginnenden Krankheiten der Sehnerven und der Netzhäute, bei großer Reizung derselben

allerlei sonderbare Lichtphantome erscheinen, glänzende Punkte, dunkle Stellen, sogenannte fliegende Mücken, welche meist Vorläufer gänzlicher Lähmungen, des schwarzen Staares sind. Schon Mancher, der kleine Trübungen auf der Hornhaut, in der Linse, im Glaskörper besaß, die ihn nur einigermaßen genirten, aber nicht sehr im Sehen hinderten, hat ein gequältes Leben zugebracht, weil er die Bilder, die auf diese Weise erzeugt wurden, für fliegende Mücken und Vorboten des schwarzen Staares und völliger Blindheit ansah, während eine genauere Kenntniß der Gesetze des Sehens ihn leicht über die Unvollkommenheit seiner Augen getröstet haben würde.

Fünfzehnter Brief.

Die übrigen Sinne.

Wenn die Mechanik des Auges eben so klar und offen unserem wissenschaftlichen Streben vorliegt, als das Organ selbst an dem Kopfe sich zeigt, so theilt das Gehörorgan mit seiner tiefen, versteckten Lage auch die Verborgenheit seiner Funktionen. Wir wissen, daß wir mit den Ohren hören; — auf welche Weise aber das Hören zu Stande komme, ist bei weitem noch nicht klar, und die vielfachsten Versuche zur Erklärung dieser wichtigen Funktion haben theils an der Unvollkommenheit der Akustik, theils auch an der Mangelhaftigkeit unserer anatomischen Kenntnisse unübersteigliche Hindernisse gefunden. Der größte und wichtigste Theil des Gehörorganes ist in starre Knochen eingeschlossen; tief verborgen wie es ist in der Basis des Schädels, entzieht es sich allen unmittelbaren Beobachtungen während des Lebens. Während wir die Bewegungen, die Veränderungen des inneren Auges, den Gang der Lichtstrahlen in demselben leicht im Leben oder in dem herausgenommenen Auge beobachten können, während unsere Instrumente überall Zugang finden, so ist es bei dem Ohre unmöglich, durch Vivisektionen sich Auskunft über die Funktion der einzelnen Theile zu verschaffen, da die zu solchen Untersuchungen nothwendigen Eingriffe so bedeutend sind, daß es unmöglich ist, reine Schlüsse aus den Resultaten zu ziehen.



Fig. 23. Die Gebilde des Gehörorgans in vergrößertem Maßstabe. Das äußere Ohr führt in den Gehörgang a, der mit dem scheibenförmigen Trommelfelle endet. Die Paukenhöhle ist aufgeschnitten, um die in ihr enthaltenen Theile zu sehen. Aus ihr führt die Eustachische Trompete b in die Rachenhöhle. Die Gehörknöchelchen sind in ihrer Lage. Auf dem Ambose c ist der Kopf des Hammers d eingelenkt, dessen langer Stiel in das Trommelfell eingelassen ist. Der Steigbügel f steht in dem eirunden Fenster des Vorhofes, über welchem die drei halbzirkelförmigen Kanäle sich erheben. Das runde Fenster o führt in die Schnecke, hinter welcher der Hörnerve n zu dem Labyrinthe tritt. Die Proportionen zwischen äußerem und innerem Ohr sind zu Gunsten des letzteren übertrieben.

Das äußere Ohr bildet einen eigenthümlich gewundenen, knorpeligen Halbtrichter, in dessen Mitte sich der Eingang einer Röhre, des Gehörganges befindet, welche quer nach innen in den Kopf hineinführt. An seinem inneren Ende ist der

Gehörgang vollkommen durch eine elastische, quergespannte Haut, das sogenannte Trommelfell, geschlossen. Eine rohe Nachbildung des ganzen äußeren Ohres, Ohrmuschel, Gehörgang und Trommelfell, würde also etwa in der Art auszuführen sein, daß man die Röhre eines gewöhnlichen Blechtrichters an seinem unteren Ende mit einem Stückchen Blase verbände. Offenbar ist das ganze äußere Ohr nur ein Zuleitungsapparat der Schallwellen. Man hat gefunden, daß der Winkel, unter welchem die Muschel vom Schädel absteht, ziemlichen Einfluß auf das Hören hat, daß platt anliegende Ohren nicht so scharf hören, als solche, welche etwa um 30 oder 40 Grad von den Schädelknochen abstehen. Verstopfung des äußeren Gehörganges durch fremde Körper, zu große Anhäufung des Ohrenschmalzes, Unreinlichkeit zieht Verminderung des Hörens, oft selbst fast völlige Taubheit nach sich.

Das Trommelfell, welches nach Außen etwas convex, nach Innen concav ist, scheidet den äußeren Gehörgang von einer zweiten Höhle, der Paukenhöhle ab, welche im Ganzen betrachtet ähnliche Verhältnisse darbietet, wie der äußere Gehörgang. Es ist ein im Knochen ausgehöhlter, rundlicher Raum, der durch eine ziemlich lange Röhre, die Eustachische Trompete genannt, sich in dem oberen Theile der Rachenhöhle, hinter den Nasenöffnungen, am hinteren Gaumen öffnet. Führt man eine eigenthümlich gekrümmte Sonde in die Nase ein und horizontal weiter, bis man hinten an der Wölbung des Rachens anstößt, so trifft man leicht bei einiger Uebung in die offene Mündung der Eustachischen Trompete, deren enger Kanal schief nach außen und oben in die Paukenhöhle oder Trommelhöhle einführt. Diese ist demnach kein durchaus geschlossener Raum, sondern mittelbar, durch Mund und Nase, mit der äußeren Luft in Verbindung gesetzt. Verstopfungen der Trompeten durch Entzündungen und andere krankhafte Veränderungen erscheinen von wesentlichem Einflusse auf das Gehör, welches dadurch dumpfer und schwächer wird; in welcher bestimmten Beziehung sie aber zu den Funktionen des Hörens stehen, ist noch nicht hinlänglich

aufgeklärt. Es scheint indessen, als seien die Eustachischen Trompeten besonders wesentlich als Resonanzapparate und anderntheils als Auswege für die in der Trommelhöhle befindliche Luft bei starken Erschütterungen des Trommelfelles. Bei starken Tönen und Klängen, dem Abfeuern einer Kanone z. B., öffnen wir unwillkürlich den Mund; sicher in der Absicht, um der heftigen einseitigen Erschütterung, welche das Trommelfell bei alleinigem Offensein des äußeren Gehörganges erleiden würde, durch Eröffnen eines von entgegengesetzter Seite herzuführenden Kanales entgegen zu wirken.

Mit der Trommelhöhle in offener Communikation stehen einige in den umliegenden Knochen befindliche Zellen, die namentlich den Zitzenfortsatz des Schläfenbeines anfüllen. Im übrigen ist die Trommelhöhle, mit Ausnahme der Eustachischen Röhre, vollkommen geschlossen und unabhängig von den übrigen Theilen des Gehörorganes. So wie sie von dem äußeren Gehörgange nur durch eine straffe Haut, das Trommelfell, geschieden ist, so finden sich dem Trommelfelle gegenüber, im Hintergrunde der Höhle, zwei andere, ebenfalls nur durch sehnige Häute geschlossene Oeffnungen, deren eine, von eiförmiger Gestalt und deshalb das ovale Fenster genannt, in einen bedeutenden Theil des inneren Ohres, den Vorhof führt, während die andere kleinere Oeffnung, oder das runde Fenster, zur sogenannten Schnecke hinleitet.

Eine merkwürdige Kette kleiner Knöchelchen, der Gehörknöchelchen, ist zwischen dem Trommelfelle einerseits und dem ovalen Fenster anderseits durch die ganze Länge der Trommelhöhle durchgespannt. Das vorderste dieser Knöchelchen, der Hammer, steckt mit seinem Stiele mitten in der Membran des Trommelfelles, so daß dieses nicht im Mindesten erschüttert werden kann, ohne daß der Hammer ebenfalls in Schwingung geriethe; mit seinem hinteren Ende, dem dickeren Kopfe, ist der Hammer an ein zweites, kleineres Knöchelchen eingelenkt, welches der Ambos heißt und etwa die Form eines Backenzahnes mit weit auseinander stehenden Wurzeln hat. Die eine dieser

Wurzeln liegt horizontal, an ihrem Ende befindet sich ein kleines loses Knöpfchen, das Linsenknöchelchen, welches zwischen den Ambos und den Kopf des letzten Knochens, des Steigbügels, eingeschoben ist. Der letzte Name ist gewiß der glücklichst gewählte von allen Bezeichnungen der Ohrknöchelchen; der Steigbügel hat in der That durchaus die Form, wie sie in Europa gebräuchlich ist. Der Knopf des Steigbügels ist mit dem Linsenknöchelchen und durch dieses mit dem Ambos eingelenkt, der Tritt, worauf der Fuß zu stehen kommen würde, ist ebenso in die Membran des eirunden Fensters eingewoben, wie der Hammerstiel in dem Trommelfelle sitzt. Es ist mithin quer durch die Trommelhöhle eine Reihe von beweglich in einander eingelenkter Knöchelchen ausgespannt, mittelst welcher eine direkte Verbindung des Trommelfelles und des ovalen Fensters hergestellt ist; eine Verbindung, welche, wie wir später sehen werden, von der höchsten Wichtigkeit für das Hören selbst ist. Verschiedene kleine Muskelchen gehen von den Knochenwänden der Paukenhöhle an diese beweglichen Knöchelchen, besonders an Hammer und Steigbügel heran, und können ohne Zweifel durch ihre Contraktion die verschiedenen Häute spannen, mit welchen die Knöchelchen in Verbindung stehen.

Das innere Ohr endlich oder das Labyrinth bildet eine nach allen Seiten hin vollkommen geschlossene Höhle, die von den härtesten Knochen des Kopfes, den Felsenbeinen, eingeschlossen ist und mancherlei seltsam gewundene Kanäle darbietet. Höhle und Kanäle sind von schleimigen Häuten ausgekleidet, welche geschlossene Säcke bilden und mit Flüssigkeit erfüllt sind. Als einzelne Theile unterscheidet man daran den Vorhof, eine längliche Höhle, in welche alle übrigen Theile des inneren Gehörorganes einmünden, drei Kanäle in Kreisform, die halbzirkelförmigen Kanäle, welche wie gekrümmte Röhren mit ihren beiden Enden in den Vorhof einmünden, und endlich ein sonderbar gewundenes Organ, die Schnecke, welche vollkommen einer aufgewundenen Schneckenschale gleicht, in deren Innerem noch ein Blatt liegt, welches die gewundene Höhle in zwei Abthei-

lungen theilt. Ein weiteres Eingehen auf die feinere Struktur aller dieser Theile und besonders der höchst complicirt gebauten Schnecke würde hier um so weniger am Platze sein, als die Beziehung der einzelnen Theile zu dem Gehör selbst durchaus noch nicht erörtert werden konnte.

Das Verhalten der Gehörorgane in der Thierreihe kann schon gewisser Maßen einen Maßstab für die verhältnißmäßige Wichtigkeit der einzelnen Theile desselben abgeben. Zuerst verschwindet die Ohrmuschel, dann der Gehörgang, so daß das Trommelfell nackt und frei auf der äußeren Haut liegt. Bei den Vögeln fehlt schon das äußere Ohr. Dann verschwindet in der Reihe der Reptilien und Amphibien das mittlere Ohr nach und nach, Paukenhöhle und Eustachische Trompete und Gehörknöchelchen, und man muß bei den Fischen das innere Gehörorgan tief in den Kopfknochen versteckt aufsuchen. Die Verkümmerung und Abnahme der Schnecke hält mit derjenigen der Paukenhöhle gleichen Schritt, zuletzt nehmen die halbzirkelförmigen Kanäle einer nach dem andern ab und verschwinden, bis von dem ganzen Gehörorgan nur noch ein einfaches Bläschen, der reducirte Vorhof übrig bleibt, zu welchem der Hörnerve tritt.

So wie am Auge durch die verschiedenen brechenden Medien desselben, Hornhaut, Linse und Glaskörper, ein Zuleitungsapparat hergestellt ist, durch welchen die Lichtstrahlen erst dem eigentlich empfindenden Apparate, der Netzhaut, zugeleitet werden, so sind auch in dem Gehörorgane äußeres Ohr und Paukenhöhle nur Leitungs- und Verstärkungsapparate der Schallwellen, welche dem Hörnerven zugeführt und von diesem empfunden werden. Es können im Gehörorgan demnach nur diejenigen Theile wirklich schallempfindend sein, auf welchen der Hörnerve sich verzweigt, nämlich die innerste Membran des Vorhofes und das Spiralblatt, welches in der Schnecke sich befindet. Die Bogengänge des Labyrinthes erhalten durchaus keine Nervenfasern; diese gehen nicht weiter als an die blasenartigen Enden, womit die Bogengänge am Vorhofe beginnen und welche man Ampullen nennt. Weiter erstrecken sich die Nerven nicht;

die Röhren der halbzirkelförmigen Kanäle sind demnach keine schallempfindenden Organe, sondern eines andern, bis jetzt durchaus unbekannten Zweckes wegen vorhanden.

Ein elastischer Körper, welcher von einem anderen gestoßen wird, geräth in wellenartige Schwingungen, welche von unserem Gehörorgane als Schall aufgefaßt werden. Jeder einfache Stoß erzeugt eine einfache Welle und somit auch nur eine einfache Schallempfindung; werden die Stöße und die dadurch erzeugten Wellen häufiger, so entsteht das Geräusch und endlich, wenn die Stöße so häufig werden, daß das Gehörorgan sie nicht mehr in seinen Einzelheiten unterscheiden kann, so entsteht der Ton, der mithin stets das Resultat einer bestimmten Anzahl von Wellenbewegungen eines durch Stöße in schwingende Bewegung versetzten Körpers ist. Je mehr Schwingungen der Körper in einer bestimmten Zeit macht, desto höher ist der Ton, welchen er hervorbringt. Unser Gehörorgan hat gewisse Gränzen, unterhalb und oberhalb welcher es den Ton nicht mehr vernimmt; der tiefste, wahrnehmbare Ton beträgt etwa 14 bis 16 Schwingungen in der Sekunde, und bei dieser Zahl schon gleicht er mehr einem brummenden Geräusch, als einem wahren Tone. Der höchste Ton, welchen unser Gehörorgan aufzufassen vermag, wird wohl an 70,000 Schwingungen in der Sekunde erreichen. Es mag wohl keinem Zweifel unterliegen, daß noch höhere Töne existiren, deren Auffassung unserem Ohr unmöglich ist, und viele Erscheinungen lassen darauf schließen, daß die Ohren mancher Thiere gerade auf solche feinere Töne eingerichtet sind. Schon bei den einzelnen Menschen zeigen sich deutliche Verschiedenheiten, selbst wenn sonst ihr Gehör so ziemlich an Schärfe gleich ist, und während der Eine noch einen sehr hohen Ton hört, so entgeht dieser dem Andern durchaus. Der Schrei der Fledermaus steht fast an der Gränze des menschlichen Auffassungsvermögens und gar Viele haben ihn nie gehört; — es ist wohl nicht wahrscheinlich, daß die Natur einem Geschöpfe einen Lockton gegeben habe, der an der Gränze des Auffassungsvermögens überhaupt steht.

Die Schallwellen, welche ein schwingender Körper erzeugt, theilen sich allen Körpern in seiner Umgebung mit, allein nicht überall in gleichem Grade. Schwingungen fester Körper theilen sich am leichtesten wieder festen Körpern mit, in welchen auch die Schallwellen am Vollständigsten fortgeleitet werden; Uebertragung von Tonschwingungen fester Körper auf flüssige geschieht schon schwerer, und am Unvollständigsten findet sie von festen auf luftförmige Körper Statt. Ein gleiches Verhältniß findet sich, wenn die Uebertragung in umgekehrter Reihe geschehen soll. Atmosphärische Luft, in Schwingungen versetzt, theilt dieselbe nur sehr schwer flüssigen und festen Körpern mit, während in Flüssigkeiten erzeugte Schwingungen sich sehr stark auf feste Körper übertragen. Die Mittheilungsfähigkeit wird indessen bedeutend erhöht, sobald gespannte, elastische Membranen und nicht durchaus solide Körper die Vermittler bilden. So theilen sich die Schallwellen der Luft dem Wasser sehr leicht mit, wenn sie erst durch eine gespannte Haut aufgefaßt werden; ebenso geschieht die Mittheilung von der Luft aus an feste Körper sehr leicht und vollständig, wenn diese letzteren mit einer gespannten Membran in Verbindung gesetzt werden.

Betrachtet man nun die Bildung des Gehörorganes im Vergleiche zu den angeführten Gesetzen der Leitung des Schalles, so erscheint dasselbe vorzüglich darauf berechnet, in seinem äußeren und mittleren Theile eine möglichst vollständige Leitung der Schallwellen nach dem inneren Labyrinthe, dem eigentlich empfindenden Apparate, herzustellen. Die von der Ohrmuschel aufgefaßten Tonschwingungen der Luft werden durch ein Hörrohr, den Gehörgang, nach innen gegen eine ausgespannte elastische Membran, das Trommelfell, geleitet, welches offenbar den Zweck hat, die möglichst vollständige Uebertragung der Schallwellen auf die aus festen Körpern zusammengesetzte Kette der Gehörknöchelchen zu vermitteln. Diese setzen die Schallwellen nach innen bis zu dem ovalen Fenster fort, einer zweiten gespannten Membran, welche die Schallwellen mit großer Leichtigkeit der Labyrinth-

flüssigkeit mittheilt, durch welche dann endlich der Hörnerve afficirt wird.

Im Ganzen liegt die genauere Analyse des Hörens noch sehr im Argen, da namentlich die Akustik noch nicht weit genug vorgeschritten ist, um über eine Menge Fragen, welche Anatomie und Funktionenlehre aufwerfen, Rechenschaft geben zu können. Man hat sich viel damit abgequält, zu untersuchen, wie es zugehen könne, daß man mehrere Töne zugleich höre; welche Funktion einzelne Theile, wie Schnecke und Kanäle, haben — die Entscheidung dieser Fragen ist unmöglich.

Die Nasenhöhle ist bekanntlich der Sitz des Geruchsinnes, der indessen bei weitem nicht in ihrer ganzen Ausbreitung, sondern nur in dem oberen Theile der Nasescheidewand und den beiden oberen Muscheln durch die Fasern des ersten Paares, des Geruchsnerven, vermittelt wird. Der untere Nasengang, durch welchen bei dem Athmen die Luft gewöhnlich streicht, ist eben so unempfindlich für die Geruchseindrücke, wie die mannichfaltigen Nebenhöhlen der Nase, die zwischen den beiden Platten des Stirnbeines hinter und über den Augenbrauen, sowie in den Aushöhlungen des Wangenbeines und des Keilbeines an der Schädelbasis gelegen sind. Die ganze Ausbreitung der Nasenhöhle und dieser Nebenhöhlen ist mit der Riechschleimhaut ausgekleidet, als deren wesentlichstes Element sich ein Flimmerüberzug zeigt, der in beständiger Bewegung einen fortdauernden Strom der Flüssigkeiten auf der Schleimhaut unterhält. Die Zellen, auf welchen die schwingenden Wimpern stehen, sind außerordentlich empfindlich gegen Reagentien aller Art, sogar im Wasser verändern sie augenblicklich durch Aufquellen ihre Gestalt. Eben so leicht lösen sich diese Zellen los; man braucht nur mit einer Federspule die Nasenschleimhaut ein wenig zu kratzen, um dann in dem Schleime eine Menge losgelöster, noch wirbelnder Zellen zu finden. Beim Schnupfen lösen sie sich in Haufen los, sobald die Periode des stärkeren Ausflusses eingetreten ist. Die Existenz dieses Wimperüberzuges sowie seine unveränderte Gestalt scheinen indeß wesentliche Bedingungen für

den Geruch zu sein. Jedermann weiß, daß bei einem Schnupfen der Geruch in der bezeichneten Periode entweder gänzlich aufgehoben, oder doch wenigstens sehr abgestumpft ist. Ein einfacher Versuch bestätigt dies Ergebniß. Man kann die Nasenhöhlen eines auf dem Rücken liegenden Menschen, der den Kopf hintenüber hängen läßt, vollständig mit Wasser füllen, ohne daß dieses durch die hinteren Gaumenöffnungen abfließt. Läßt man nun dieses Wasser einige Zeit lang in der Nase, so daß es eine Wirkung auf den Wimperüberzug ausüben kann, so ist auch nach dem Ausfließen des Wassers die Geruchsempfindung für einige Zeit aufgehoben und kehrt erst allmählich wieder.

Der erwähnte Versuch kann in zweckmäßiger Weise abgeändert noch über manche andere Verhältnisse belehren. Nimmt man Statt reinen Wassers ein riechendes Wasser, z. B. solches, worin man einige Tropfen kölnischen Wassers geschüttet hat, so hat der Mensch dennoch schon bei dem Eingießen nicht die mindeste Geruchsempfindung. Die Riechstoffe müssen demnach, wenn sie einen Eindruck erzeugen wollen, stets in luftförmigem Zustande der Schleimhaut zugeführt werden, und nur solche Körper werden gerochen, welche eine gasförmige Ausdünstung von sich geben. Man hat Messungen angestellt, um die Gränzen der Empfindung einzelner stark riechender Körper zu bestimmen, und ist dabei zu wirklich erstaunlichen Resultaten für die Schärfe dieses Sinnes gekommen. Ein Luftraum, der höchstens ein Zehn-Milliontel seines Volumens von dem Dampfe des Rosenöles enthält, riecht noch sehr deutlich, und eine Flüssigkeit, die ein Zwei-Milliontel eines Milligrammes feinen Moschus enthielt, ließ ebenfalls noch deutlich den Geruch erkennen. Mancherlei Nebenbedingungen unterstützen aber die Empfindung. Dahin gehört namentlich die Bewegung des Luftstromes, besonders durch Schnüffeln, und die Erhaltung einer gewissen Temperatur. Wir halten den Athem an, wenn wir die Gerüche nicht empfinden wollen, und können auf diese Weise je durch Verstärkung oder Verminderung des hin- und herziehenden Luftstromes auch die Empfindung verstärken oder vermindern.

Mit den eigentlichen Geruchsempfindungen, deren genauere Wirkung uns durchaus unbekannt ist, darf man die feinen Tastempfindungen nicht verwechseln, welche in der Nasenschleimhaut ihren Sitz haben und dort durch den Nasenast des fünften Nervenpaares vermittelt werden. Die eigenthümliche Empfindung, welche der Salmiakgeist z. B. erregt, ist nicht eine Geruchsempfindung, sondern ein Tasteindruck, bedingt durch das Anätzen der Nasenschleimhaut. Viele Empfindungen mögen gewissermaßen aus beiden Eindrücken, aus Geruchs- und Tastempfindung, combinirt sein.

Die Rolle, welche der Geruchsinn dem allgemeinen Befinden gegenüber spielt, ist individuell außerordentlich verschieden. Menschen mit stumpfer Nase tragen den Geruchsempfindungen meist gar keine Rechnung, während bei anderen dieser Sinn vor allen anderen über Lust und Unlust, Behagen und Unbehagen entscheidet. Verschiedene Stimmungen des Centralnervensystemes ändern wesentlich das Verhalten gegenüber verschiedenen Geruchsempfindungen. Schon Mancher hat mit Erstaunen wahrnehmen müssen, daß Frauen, welche Blumen leidenschaftlich liebten, dieselben verabscheuten, nachdem sie hysterisch geworden waren und dagegen den Geruch des Teufelsdreckes oder gebrannter Federn allen anderen vorzogen.

Schon in einem früheren Briefe berührten wir die verschiedenen Verhältnisse, welche zur Geschmacksempfindung mitwirken. Wir sahen, daß die Zunge nicht allein der Verbreitungsort des eigentlichen Geschmacksnerven, sondern auch der Sitz eines höchst feinen Tastgefühles sei, und daß dasjenige, was wir als Geschmack bezeichnen, meistens eine Combination von Tastempfindung und eigentlicher Geschmacksempfindung sei. Der wahre Geschmack wird erst in den hinteren Theilen der Mundhöhle, sowohl an der Zunge, als auch an dem Gaumenbogen erzeugt, und eine wesentliche Mitbedingung für seine Empfindung scheint die Bewegung dieser Theile zu sein. Alle Geschmacksempfindungen, die man durch einfaches Betupfen der unbeweglich gehaltenen Theile erzeugt, sind durchaus unbestimmt, verwaschen,

oder selbst so undeutlich, daß man sich keine Rechenschaft von ihnen geben kann. In demselben Augenblicke aber, in welchem eine Schluckbewegung gemacht oder die Zunge im Munde herumgewälzt wird, tritt auch die Empfindung auf das Deutlichste hervor. Jedenfalls besitzt die Zungenwurzel nicht nur die größte Empfänglichkeit für Geschmackseindrücke überhaupt, sondern auch die feinste Unterscheidungsfähigkeit, weshalb denn auch z. B. Weintrinker, welche die feineren Geschmäcke unterscheiden wollen, die Zungenwurzel mit dem Weine gurgeln, bevor sie ihn hinabschlucken. Die Feinheit des Geschmackes selbst ist außerordentlich verschieden, je nach den Individuen und nach den schmeckenden Körpern, die stets in wässeriger Lösung geboten werden müssen. Eine Flüssigkeit, die $\frac{1}{100}$ ihres Gewichtes Rohrzucker enthält, schmeckt nicht mehr süß. Die Grenze des Geschmackes für das Kochsalz findet sich etwa bei $\frac{1}{300}$, für wasserfreie Schwefelsäure und schwefelsaures Chinin etwa bei $\frac{1}{100000}$. Bei allen solchen Messungen muß man indeß berücksichtigen, daß auch die absolute Menge einen Einfluß hat, und daß deshalb ein Tropfen einer solchen verdünnten Flüssigkeit weniger geeignet ist, eine Geschmacksempfindung hervorzurufen, als wenn man die ganze Mundhöhlung mit der Flüssigkeit füllt.

Wir müssen den Tastsinn, welcher übrigens in unserer ganzen Haut ausgebildet ist, wohl unterscheiden von dem allgemeinen Schmerzgefühl, welches jeder Empfindungsnerve erzeugt, und das auch zu Stande kommen kann, wenn das tastende Organ, die Haut, entfernt ist. Schon früher, als wir von den Eigenschaften der Nerven sprachen, machten wir darauf aufmerksam, daß die Verwundung oder Erregung eines empfindenden Nerven stets nur Schmerz erzeuge, der von dem Auffassungsvermögen an dem Orte der Nervenausbreitung selbst lokalisirt werde. Weitere Vorstellungen, wie sie bei dem Tasten, dem Fühlen auf der äußeren Haut entstehen, sind mit den Schmerzempfindungen nicht verbunden, und es sind demnach diese Tastvorstellungen wesentlich an den Bau der äußeren Haut geknüpft. Ueber diesen aber streitet man noch theilweise hin und her. An

den feinfühlendsten Stellen, wie in der Innenfläche der Finger, an der Zungenspitze, an den Lippen findet man eigenthümliche rundliche Gebilde, die wie aus aufeinander liegenden Blättern aufgeschichtet aussehen und zu welchen die Nervenenden hintreten. Die Einen behaupten, daß die Nervenröhren in diesen sogenannten Tastkörperchen oder Axenkörpern selbst enden und daß die übrigen Hautwärzchen nur Gefäßschlingen, aber keine Nervenendigungen enthalten; die Anderen dagegen vertheidigen eben so hartnäckig ihre Ansicht, nach welchen Nervenschlingen in allen Hautwärzchen vorkommen und die Axenkörperchen von diesen Nervenschlingen umsponnen werden. Wie dem auch sei, so viel ist gewiß, daß diese eigenthümlichen Gebilde irgend eine Beziehung zu den Tastempfindungen der Haut haben müssen, wenn auch diese nicht einzig durch sie vermittelt werden. Ferneren Untersuchungen bleibt es vorbehalten, zu bestimmen, welcher Art diese Beziehung sei.

Die Schärfe des Tastsinnes ist nicht nur bei den verschiedenen Individuen, sondern auch an den verschiedenen Hauttheilen großen Ungleichheiten unterworfen. Wie ausgezeichnet fein die Blinden fühlen, wie genau sie sich durch Beachtung der geringfügigsten Eindrücke, welche ihre Haut treffen, von verschiedenen Raumverhältnissen Rechenschaft geben können, welche wir durch unser Gesicht zu ermessen gewohnt sind, weiß Jedermann; der Tastsinn, durch seine feine Ausbildung, ersetzt hier gewissermaßen den Gesichtssinn, und der Blinde hat sich gewöhnt, von ihm Vorstellungen aufzunehmen, die uns nur durch den Gesichtssinn vermittelt werden. Man hat indessen, so viel ich weiß, noch keine vergleichende Beobachtung über die absolute Schärfe des Tastsinnes bei Blinden gemacht, welche in der Art, wie die Untersuchungen über die einzelnen Körpertheile, ein genaues Maß für den Tastsinn derselben abgäben. Es würden solche Untersuchungen nicht unwichtig sein für die Ansicht, welche man überhaupt sich von dem Tastsinne zu machen hat; es würde sich dabei herausstellen, ob die Sinne in materieller Hinsicht einer Verfeinerung fähig sind, oder ob das feinere Tastgefühl, welches wir bei den

Blinden beobachten, nur eine Folge der Ausbildung des Vorstellungsvermögens ist, wodurch der Blinde die Eindrücke, die er empfängt, zu einem objektiven Anschauungsbilde umwandelt. Wir Sehenden, wenn wir eine Münze bei geschlossenen Augen betasten, fühlen vielleicht alle Vorsprünge der Buchstaben, des geprägten Kopfes eben so gut, als ein Blinder, allein wir vermögen nicht die einzelnen Eindrücke zu einem Gesammtbilde zu vereinigen, wie der Blinde es thut.

Man hat die Schärfe des Tastgefühles an verschiedenen Theilen des Körpers in der Weise gemessen, daß man einen Zirkel aufsetzte, dessen Spitzen mit kleinen Korkstückchen maskirt waren. Man maß nun, wie weit man die Zirkelspitzen auseinander setzen mußte, um ihre beiden Eindrücke als getrennte zu empfinden, und indem man diese Methode über den ganzen Körper ausdehnte, konnte man eine vergleichende Tabelle der Schärfe des Tastgefühles unserer Hautoberfläche aufstellen, die indeß immer noch viel Willkürliches hat, da nicht nur die Werthe auf beiden Körperhälften verschieden ausfallen, sondern auch die Richtung des Aufsetzens der Zirkelspitzen, so wie die Methode selbst, manche Irrthümer herbeiführen können. So unterscheidet man an den meisten Theilen, besonders den Extremitäten, die beiden Zirkelspitzen weit leichter, wenn sie in der Quere gestellt werden, als wenn sie in der Längenaxe des Gliedes die Haut berühren. Ebenso ist der Uebergang von dem Gefühle als einfacher Punkt zu der Unterscheidung der beiden Zirkelspitzen ein allmählicher; der Punkt scheint sich bei Oeffnung der Spitzen auszudehnen, zu wachsen, eine elliptische Gestalt anzunehmen, bis endlich die beiden Endpunkte der Axe der Ellipse sich trennen und als zwei selbstständige Punkte gefühlt werden.

Die Zungenspitze ist der feinfühlendste Theil des Körpers; man unterscheidet noch die Zirkelspitzen, wenn ihre Entfernung nur eine halbe Linie beträgt. Nach der Zungenspitze folgen die innern Flächen der letzten Fingerglieder, mit welchen wir gewöhnlich tasten und deren Schärfe im Mittel 7 Zehntel einer Linie beträgt; die rothen Theile der Lippen, die innern Flächen der

zweiten und dritten Fingerglieder fühlen eine Entfernung von anderthalb Linien im Durchschnitte; die Nasenspitze, Seite und Rücken der Zunge, die äußeren Theile der Lippen schwanken zwischen 2—3 Linien, die Rückenfläche der Finger, die Wange zeigen eine Verhältnißzahl von 4 Linien und etwas mehr. Weitere ungefähre Verhältnißzahlen sind : Stirne 6 Linien. Scheitel 9½ Linien. Kniescheibe 10 Linien. Fußrücken 12 Linien. Oberarm 14 Linien. Hinterbacke 13 Linien. Oberer Theil des Rückens in der Mittellinie 19 Linien. Rückenwirbelsäule in der Mitte 24 Linien. Man sieht demnach, daß auf der Mitte des Rückens eine Unsicherheit von mehr als zwei Zollen für einen Eindruck existiren muß, und wir wissen sehr wohl aus eigener Erfahrung, daß diese wirklich existirt. Auch auf den andern Körpertheilen herrscht eine je nach Verhältniß größere oder kleinere Unsicherheit in der Empfindung, und es liegt nur in dieser Unsicherheit der Grund, daß wir einen Floh z. B., der uns sticht, nicht unmittelbar fangen, sondern meist daneben tappen, wenn wir ihn nicht sehen, eben weil das punktgroße Geschöpf der Unsicherheit in der Lokalisation der Empfindung nicht entspricht.

Durch den Druck, welchen schwerere Körper auf eine Stelle unserer Haut ausüben, wird eine Empfindung erzeugt, deren Größe wir gewissermaßen abzuschätzen vermögen, so daß man, wenn auch nicht ganz mit Recht, von einem Drucksinn der Haut reden kann. Die Feinheit dieser Empfindungen ist indessen bei weitem nicht so bedeutend, als diejenige der Tastgefühle, und deshalb der Unterschied zwischen den einzelnen Körperstellen auch bei weitem weniger bedeutend. Unterschiede zwischen verschiedenen Gewichten, die eine gleiche Grundfläche haben, werden bei ruhig gehaltenem Arme z. B. nur dann einigermaßen genauer gefühlt, wenn der Wechsel schnell vorgenommen wird. Ist einmal einige Zeit verstrichen, so darf man nicht erwarten, bei einem Zweipfundsteine z. B. einen Unterschied von mehreren Lothen abschätzen zu können. Die Bestimmung des absoluten Gewichtes von Körpern, die wir mit der Hand vornehmen, beruht weit weniger auf diesem Drucksinne, als auf der Ab-

schätzung der Kraft, die wir zum Heben einer Last nöthig haben. Auch diese Abschätzung ist durchaus ungenau, kann aber durch Uebung innerhalb gewisser Gränzen bis zu einer gewissen Vollkommenheit gebracht werden.

Die Wärmeempfindung, deren die Haut fähig ist, bezieht sich besonders auf die Schwankungen der äußeren Temperatur, nicht aber auf einen constanten Grad derselben. Innerhalb der Gränzen von 10° C. bis zu 46° C. vermag die Haut noch Unterschiede von einigen Zehntel Graden mit ziemlicher Genauigkeit anzugeben; doch steht die Empfindlichkeit der einzelnen Hautstellen nicht ganz in direktem Verhältnisse zu dem Nervenreichthum und der Feinheit der Tastempfindung. Schon früher machten wir darauf aufmerksam, daß unsere Haut nicht nur empfindlich ist für die Verschiedenheit der Wärmegrade, von denen sie getroffen wird, sondern auch für die absolute Menge von Wärme, die in einer gewissen Zeit in sie überströmt, was von der Leitungsfähigkeit der Körper abhängt. Deshalb werden wir auch empfindlicher von der Wärme und Kälte getroffen, je nachdem die Fläche der Haut, welche die Empfindung vermittelt, größer oder geringer ist. Heißes Wasser erscheint uns weniger heiß, wenn wir die Spitze des Fingers, als wenn wir die ganze Hand hineintauchen. Im Uebrigen aber hängt die Empfindung von Wärme oder Kälte außerordentlich von dem Temperaturgrade ab, an den man sich gerade gewöhnt hat. Ein Keller, der tief genug ist, um während des ganzen Jahres eine constante Temperatur zu zeigen, erscheint uns im Sommer kalt, im Winter warm; und Humboldt erzählt, daß er in Caracas vor Kälte schlotterte, als einmal das Thermometer während weniger Stunden etwa um zehn Grade gefallen war, wobei es sich aber dennoch auf der Höhe der Blutwärme erhielt.

Die Haut mit ihren verschiedenen Empfindungen ist von jeher der Spielraum für alle möglichen Träumereien gewesen. Man glaubte sich berechtigt, den Tastsinn als den Mutterboden aller anderen Sinne aufzufassen und ihn sogar für diese Ersatz leisten zu lassen. Man sollte wirklich mit der Haut hören, sehen,

riechen und schmecken, und man erzählte die wunderlichsten Geschichten zur Unterstützung dieser Behauptung. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Hautempfindungen bei gewissen Stimmungen des Centralnervensystemes eben so gesteigert werden können, wie diejenigen der anderen Sinne; — daß die Haut für Luftströmungen, Wärmeunterschiede und ähnliche Eindrücke empfindlich werden kann, die wir in gewöhnlichen Zuständen nicht auffassen, und daß aus solchen an uns vorübergehenden Eindrücken das gereizte Gehirn Vorstellungen combiniren kann, deren Grundlagen uns entgehen müssen. Eine Fledermaus, welcher man die Augen ausgestochen hat, weicht seinen Fäden im Fliegen eben so geschickt aus und stößt sich eben so wenig an die Wände des Zimmers, als eine andere, die ihre Augen noch hat. Die großen nackten Hautflächen an dem Kopfe dieser Thiere sind gewiß einer äußerst gesteigerten Empfindung fähig, durch welche die feinsten Luftströmungen unterschieden werden können. Von diesem Punkte an bis zu der spezifischen Sinnesempfindung ist aber ein weiterer Schritt, den die Natur nicht ohne die Schaffung spezifischer Sinnesorgane zurücklegen kann.

Leider sind noch keine genaueren Untersuchungen über die krankhaft gesteigerte Empfänglichkeit der Haut für Eindrücke der genannten Art angestellt worden. Das Glaubwürdige, was man von hysterischen und somnambülen Frauenzimmern in dieser Hinsicht erzählt, bezieht sich sichtlich nur auf solche gesteigerte Empfänglichkeit. Der Widerwille aber, welchen Männer der Wissenschaft von jeher gegen solche Untersuchungen gezeigt haben, beruht auf der ganz einfachen Beobachtung, daß die einfachen krankhaften Erscheinungen durch verschmitzten Betrug entstellt werden. Dieser ist denn auch überall vorhanden, wo Somnambülen durch die Herzgrube oder andere, mehr oder minder interessante Theile ihres Körpers bei verbundenen Augen gelesen haben sollen. Nie hat eine solche Person bei vollkommen undurchsichtigen Verbänden mit der Herzgrube oder den Händen lesen können; es bedurfte der Taftbänder, welche die Mutter, der Vater oder eine andere vertraute Person so umlegte, daß

die magnetisch Schlafende gar prächtig hindurchsehen konnte, und die Geschichte des Burdin'schen Preises muß dem Gläubigsten die Augen geöffnet haben. Als so viel Spektakel vor einigen Jahren gemacht wurde von Somnambülen, welche mit verbundenen Augen lesen sollten, legte dieser Arzt einen versiegelten Brief bei der Akademie nieder, nebst einer Summe von 2000 Franken für Diejenige, welche lesen würde, was in dem Briefe stand. Noch keine hat den Preis verdient.

Sechszehnter Brief.

Die Bewegungen.

Jedermann weiß, daß in unserem Körper eine Menge verschiedenartiger Stücke, Knochen und Knorpel, zu einem Gerüste zusammengefügt sind, welches den übrigen Theilen als Stütze dient und das Skelett genannt wird. Betrachtet man dieses starre Gerüste näher, so erscheinen dabei zwei wesentliche Bedingungen erfüllt, einerseits eben die Stützung und Umhüllung der weicheren Theile, die Vorzeichnung der Höhlen, worin Hirn und Rückenmark, so wie die Eingeweide des Bauches und der Brust verborgen sind, und anderntheils die Mithülfe zur Ausführung von Bewegungen, indem die einzelnen Stücke des Skelettes mehr oder minder beweglich an einander gefügt und durch Gelenke mit einander verbunden sind. Die Art dieser Zusammenfügung ist äußerst mannichfaltig und wechselt je nach den verschiedenen Zwecken des Gelenkes, der Größe seines Spielraumes und der Art der Bewegung, welche es ausführen soll. An einigen Orten, wo nur eine gewisse elastische Verbindung, eine geringe Nachgiebigkeit gegen äußere oder innere Gewalt Statt finden soll, sehen wir selbst nur mehr oder minder zusammendrückbare elastische Knorpelstücke zwischen die Knochen eingeleimt, ohne daß sich besondere Gelenkflächen darböten, welche auf einander hergleiten könnten. Solcher Art sind die Verbindungen der einzelnen Wirbelkörper unter sich, die Anheftung der Rippen an das Brustbein und andere mehr. In dem ersten Falle ist die Beweglichkeit der einzelnen runden, säulenartig auf einander geschichteten Wirbelstücke durch elastische, aus Faserknorpeln

gewebte Kissen vermittelt, welche, wie die Federkissen eines Stuhles, einem gewissen Drucke nachgeben und sich beim Nachlasse desselben wieder aufrichten; bei den Rippen dagegen findet die Beweglichkeit dadurch Statt, daß die beweglichen Stäbe, womit sie sich an das Brustbein ansetzen, wie Degenklingen durch angebrachten Druck oder Zug gebogen werden und beim Aufhören desselben in ihre alte Lage zurückspringen.

In allen übrigen beweglichen Gelenkverbindungen finden wir stets zwei Knochenflächen, welche über einander hergleiten können und deshalb mit glatten Knorpelstücken belegt und mit feuchtem Schleime überzogen sind; ein Verhältniß, das wir in der Mechanik durch glatte Drehflächen und Einölung der Gelenke nachahmen. Das Herstellen ganz ebener Flächen, welche über einander gleiten und einzig durch geradlinige Verschiebung wirken können, findet äußerst selten im Körper statt; meist bedingt die Art der Bewegung die Einrichtung verschieden gekrümmter Flächen, wodurch Drehungen aller Art ausgeführt werden. Die Natur hat sich äußerst erfinderisch in Herstellung dieser Gelenkverbindungen gezeigt; von dem freiesten Kopfgelenke, wo ein rund abgedrehter Gelenkkopf sich auf einer fast ebenen Fläche dreht und somit fast vollständig nach allen Richtungen umhergerollt werden kann, bis zu dem beschränkteren Nußgelenke, wo der Kopf in einer ihn umschließenden runden Kapsel spielt; von dem beschränktesten Charniergelenke, welches nur einseitiges Auf- und Zuklappen gestattet, bis zu den freiesten Charnieren, wo auch seitliches Ueberkappen und drehende Bewegung möglich ist, finden sich die mannichfachsten Modifikationen, theils durch sinnige Abänderung der aufeinander spielenden Gelenkflächen, theils durch Anordnung der benachbarten Theile bedingt, welche den Spielraum des Gelenkes hemmen und einschränken. Es genügt, hier auf diese Verhältnisse aufmerksam gemacht zu haben; Jeder kann am eigenen Körper sich leicht überzeugen, wie sehr verschieden die Beweglichkeit des Oberarmes von derjenigen des Ellenbogens und der Hand sei; wie er den Oberarm frei im Kreise gleich der Speiche eines Rades schwingen, nach vorne und hinten führen kann, während er im Ellenbogenge-

lenk einzig auf das Auf- und Zuklappen des Charnieres beschränkt ist; wie er im Handgelenke drehende und seitliche Bewegungen ausführen, mit dem ersten Fingergelenke, namentlich des Zeigefingers, ebenfalls Kreisbewegungen vornehmen kann; während das zweite und dritte Fingergelenk nur klappender Charnierbewegungen fähig sind. Man wird so bei Vergleichung der oberen mit der unteren Extremität finden, daß hier die entsprechenden Bewegungen im Grunde zwar ähnlich, aber weit beschränkter sind; daß die Bewegungen des Oberschenkels denen des Oberarmes entsprechend nach allen Richtungen hin weit geringer sind, weil eben der Gelenkkopf des Oberschenkels in einer nußartigen Gelenkhöhle eingekapselt ist, während der Kopf des Oberarmes auf einer kleinen, fast ebenen Gelenkfläche spielt; daß die Bewegungen der Fußwurzel, der Zehen, eine Wiederholung der Hand- und Fingerbewegungen in geringerer Ausdehnung darstellen.

Die Gelenkflächen der einzelnen Knochen sind durch Kapselhäute und Bänder an einander befestigt, durch deren Anordnung meist der Spielraum der Gelenke, so wie er durch die Natur der Gelenkflächen gegeben wäre, mehr oder minder beschränkt, zugleich aber auch die Verbindung in allen Richtungen befestigt und das Ausgleiten der Gelenke, die Verrenkung derselben, mehr oder minder erschwert wird. Je freier ein Gelenk ist, je größeren Spielraum es besitzt, desto schlaffer müssen auch diese Haltbänder angespannt sein und desto leichter sind auch Verrenkungen möglich.

Die innerste Kapsel, welche unmittelbar die Gelenkflächen einhüllt, bildet stets einen vollkommen hermetisch geschlossenen Sack, der aus festem Fasergewebe gewoben und auf seiner innern Seite mit mehr oder minder zähem Schleime überzogen ist, welcher beständig zwischen die glatten Gelenkflächen eindringt und die Reibung derselben auf ein sehr geringes Maß beschränkt.

Eine nothwendige Folge des hermetischen Verschlusses der Gelenkkapseln ist die Ausschließung der atmosphärischen Luft, die Herstellung eines Raumes im Innern der Gelenke, welcher keine Luft, sondern nur Flüssigkeit enthält und somit keinen Gegendruck auszuüben im Stande ist. Es ist bekanntlich der Druck der Luft,

welcher das Wasser in einer luftleer gemachten Röhre 32 Fuß hoch emportreibt, welcher einer Quecksilbersäule von 28 Zoll das Gleichgewicht hält; in unserem Körper erhält der Druck der Luft die Gelenkflächen in unmittelbarer Berührung, und die Größe der einzelnen Gelenkflächen ist so berechnet, daß der Luftdruck, welcher darauf ausgeübt wird, allen daran aufgehängten Theilen das Gleichgewicht hält. Man hat diesen Satz namentlich an dem Hüftgelenke auf die überzeugendste Weise dargethan und durch Versuche bewiesen, daß beim Schweben des Beines in freier Luft weder die Muskeln noch die Bänder dasselbe halten, sondern einzig der Druck der Luft auf das Hüftgelenk hinreicht, dasselbe fest am Becken schwebend zu erhalten. Legt man einen Leichnam auf den Bauch, so daß die Beine frei schwebend von dem Tische herabhängen, und trennt nun durch einen Kreisschnitt sämmtliche Muskeln bis auf die Bänder des Hüftgelenkes und bis zur Kapsel desselben, so hängt das Bein noch eben so fest im Hüftgelenke, als zuvor. Die Gelenkflächen des Kopfes einerseits und der Pfanne anderseits sind sogar so genau auf einander gepaßt, daß man die Kapsel selbst einschneiden kann, ohne daß das Bein aus dem Gelenke herausfällt. Bohrt man aber von innen, von dem Unterleibe aus, ein Loch in das Gelenk ein, so dringt in dem Augenblicke, wo der Bohrer die innere Gelenkfläche durchstößt, die Luft mit zischendem Geräusche ein und der Gelenkkopf sinkt aus seiner Pfanne heraus, soweit als es das im Innern des Gelenkes angebrachte sogenannte runde Band des Hüftgelenkes gestattet, welches von der Spitze des Gelenkkopfes zu dem tiefsten Punkte der Pfanne geht. Drückt man nun das Bein, indem man es aufhebt, wieder in die Pfanne hinein und schließt das im Becken angebrachte Bohrloch mit dem Finger, so bleibt das Bein von neuem schwebend hängen und der schließende Finger wird von dem Bohrloche, wie von einem Schröpfkopfe angezogen. Im Augenblicke, wo der Finger entfernt wird, fällt das Bein herab. Man hat die Versuche in der Art wiederholt, daß man das Schenkelgelenk herauspräparirte, den Oberschenkel absägte, die Beckenknochen rund herum wegnahm, so daß nur die beiden durch

das Gelenk verbundenen Knochenstücke überblieben, und nun das Ganze unter die Glocke der Luftpumpe brachte, nachdem man an den Schenkelknochen ein paar Pfundsteine aufgehängt hatte. Der Schenkelkopf war fest im Gelenke eingefügt; sobald man aber auspumpte und einen luftleeren Raum erzeugte, sank er aus den Gelenkhöhlen heraus; ließ man von Neuem Luft zu, so stieg er wieder in die Höhe, und man konnte so das abwechselnde Spiel des Auf- und Absteigens des Schenkelkopfes in seinem Gelenke wiederholen, je nachdem man Luft auspumpte, oder zuließ.

Berechnet man, nach der Größe der Oberfläche des Hüftgelenkes, die Größe des Druckes, welchen die Luft auf dasselbe ausübt, so zeigt sich, daß derselbe etwa 22 bis 25 Pfund beträgt, während ein Bein im Durchschnitte 18 bis 20 Pfunde wiegt. Bei gewöhnlichem Luftdrucke hält demnach der auf das Hüftgelenk ausgeübte Druck der Luft dem Gewichte der Extremität das Gleichgewicht, und es bedarf durchaus keiner Anstrengung von Seite der Muskeln, um das Bein schwebend zu erhalten. Gleiche Verhältnisse finden sich am Kniegelenke, am Oberarme, an den Fuß- und Handgelenken verwirklicht; überall sind die Kapseln der Gelenke hermetisch abgeschlossen und überall die Größe der Oberflächen in ein bestimmtes Verhältniß zu dem Gewichte der Theile gebracht, welche daran aufgehängt sind, so daß erst bei Vergrößerung des an den Gelenken bewirkten Zuges eine entsprechende Thätigkeit der Muskeln und Bänder zur Aneinanderhaltung der Gelenkflächen nöthig wird.

Betrachtet man das Skelett des Menschen (siehe Fig. 24, S. 398) im Vergleich zu demjenigen der Säugethiere, so stellt sich schon in der Anfügung der einzelnen Knochen und ihren Verhältnissen zu einander die wesentliche Beziehung zu dem aufrechten Gange heraus. Das Gelenk zwischen dem Hinterhaupte und dem ersten Halswirbel, welches das Vor- und Rückwärtsbeugen des Kopfes vermittelt, ist bei gut entwickeltem Schädel so angebracht, daß sich der Kopf förmlich auf seiner Unterlage balancirt. Die leichte Krümmung der Halswirbelsäule nach vorn

Fig 24.



trägt das Ihrige dazu bei, den so im Gleichgewichte schwebenden Kopf in der allgemeinen Schwerlinie des Körpers zu erhalten. Die Rückenwirbelsäule zeigt im Gegentheile eine Krümmung nach hinten; die Lungen und das Herz, sowie der ganze Rippenkorb, sind an der vorderen Fläche der Wirbelsäule angebracht und würden ein Ueberkippen der Schwerlinie nach vorn bedingen, wenn nicht durch diese Einbiegung entgegengewirkt wäre. Im Becken endlich schließt sich die Bauchhöhle nach unten, während zugleich durch die Krümmung der Schwanzwirbelsäule Raum für die Eingeweide hinter der Schwerlinie geschafft wird. Durch alle diese Einrichtungen wird denn als Endresultat die Lage der Schwerlinie des Oberkörpers so hergestellt, daß sie bei der Profilstellung des Menschen senkrecht durch den Schenkelknorren läuft. Die vorderen Extremitäten, zur Ausführung freierer Bewegungen, nicht aber, wie bei allen Vierfüßern, zum Tragen des Rumpfes bestimmt, sind überall mit viel freieren Gelenken und größerer Beweglichkeit der einzelnen Knochenstücke gegen einander ausgerüstet. Bei den Beinen dagegen wiegt in Uebereinstimmung mit ihrer Bestimmung zum Tragen des Körpers die Festigkeit und die damit zusammenhängende größere Starrheit der Gelenke vor der freieren Beweglichkeit vor. Die springenden Thiere, bei welchen andere Verhältnisse obwalten, ausgenommen, hat der Mensch das längste und stärkste Bein im Verhältniß zu der vorderen Extremität, und der eigenthümliche Charakter des menschlichen Knochenbaues ruht, wie man in neuerer Zeit sehr schön nachgewiesen hat, in keinem anderen Theile so sehr, als in dem Fuße. Die menschliche Hand ist kein eigenthümliches Gebilde; die Hände der menschenähnlichen Affen sind durchaus eben so frei beweglich, zu eben so kunstvollen Combinationen geeignet, als die Hand des Menschen; der Arm aber ist meistens länger im Verhältniß zu den Beinen, als bei dem Menschen, was mit der Lebensart auf Bäumen und der Stellung als Kletterthier zusammenhängt. Hierauf beruht auch die Ausbildung des hinteren Affenfußes zur Hand, was manche Naturforscher irriger Weise für einen Vorzug

haben ansehen wollen. Durch die enge Verbindung seiner Zehen, die gewölbartige Zusammenfügung der Mittelfußknochen, die eigenthümliche Anordnung des Fußgelenkes unterscheidet sich der Mensch eben so scharf und bestimmt von allen anderen Thieren, als durch die Ausbildung der knöchernen Gehirnkapsel, und durch diese Bildung allein ist es ihm möglich, den aufrechten Gang als normale Stellung zu behaupten, während alle übrigen Thiere nur ausnahmsweise und auf kurze Zeit sich in dieser Stellung erhalten können.

Durch ihre eigenthümliche Struktur bilden die Knochen bei den Bewegungen die starren Hebel, an welchen die Muskeln gleich Zugseilen arbeiten. Von sich aus kann ein Knochen sich nie bewegen; es gehören hierzu besondere Fasern, welche der Zusammenziehung fähig sind und deren Bündel eben mit dem Namen der Muskeln oder im gemeinen Leben des Fleisches belegt werden. Jedermann kennt das faserige Gewebe dieser Theile; eben so bekannt ist einem Jeden, daß die Fasern eines Muskels stets in derselben Richtung parallel neben einander liegen, und daß man demnach einen Muskel nicht mit Unrecht einem Bündel von einzelnen Fasern vergleichen kann, die durch eine gemeinschaftliche zellgewebige oder sehnige Hülle zu einem Ganzen vereinigt sind und zwischen denen die Blutgefäße und die Nerven verlaufen. Betrachtet man die letzten Fasern, in welche sich die rothen Muskeln unter dem Mikroskope spalten lassen, so sieht man, daß eine jede derselben von einer einfachen, glashellen, dünnen und höchst zarten Scheide gebildet wird, in welcher wieder ein Bündel von feinen Fädchen steckt, so daß das Ganze etwa wie Zündhölzchen in einer langen Schachtel aussieht. Auf der Hülle zeigen sich äußerst feine, oft wellenförmige dunkle Querstreifen, welche durch solche Mittel, die eine Gerinnung des Eiweißes veranlassen, wie z. B. Weingeist, stärker hervortreten. Da diese Querstreifen überall bei den höheren Thieren mit großer Evidenz hervortreten, so hat man deshalb auch die Muskeln dieser Art überhaupt die quergestreiften Muskeln genannt. Ueber die Bildung der in der Scheide steckenden letzten Fädchen

herrschen noch manche Zweifel. Viele Forscher glauben, daß sie aus einfacher homogener Substanz bestehen; — andere dagegen, gestützt auf das Zerfallen der Muskelfasern in einzelne Stücke nach Behandlung mit verschiedenen Reagentien, sind der Ansicht, daß diese letzten Fädchen aus einzelnen Körnchen bestehen, welche durch eine leichter auflösliche Zwischensubstanz gleichsam zusammengeleimt seien und somit auch leicht in einzelne Stücke zerfallen. Jede Faser ist in den quergestreiften Muskeln unabhängig; nur am Herzen findet man zuweilen Verbindungen zweier Fasern mit einander. In der eigenthümlichen Contraktilität dieser Fasern beruht nun die Zusammenziehung dieser Muskeln, durch welche die einzelnen Knochen in verschiedene Stellungen zu einander gebracht und so die Bewegungen ausgeführt werden. Die Muskelfasern selbst heften sich theils direkt, theils durch die vermittelnden Fadenstränge der Sehnen an die Knochen selbst an. Die Sehnenfasern können sich selbstständig nicht zusammenziehen; sie dienen hauptsächlich zur Uebertragung der ziehenden Kraft an ferne Orte, wo das Volumen der Theile nicht allzu sehr vermehrt werden soll. So ziehen die Muskelmassen des Vorderarmes durch die dünnen, über das Handgelenk laufenden Sehnen an der Hand selbst und an den Fingern; die Muskeln des Unterschenkels in ähnlicher Weise an den Knochen des Mittelfußes und der Zehen.

Untersucht man die Muskelfaser unter dem Mikroskope im Augenblicke der Zusammenziehung, so sieht man die feinen Querstreifen, welche die Hülle darbietet, näher aneinander rücken, sich stärker runzeln und dadurch offenbar andeuten, daß die Elemente der Fasern sich stärker zusammenschieben und in sich verkürzen. Die feinen Querrunzeln der Hülle, welche alle willkürlichen Muskelfasern der höheren Thiere so constant zeigen, daß man sie auch deshalb quergestreifte Muskelfasern genannt hat, finden sich überhaupt nur dann deutlich ausgesprochen, wenn die Faser wirklich einigermaßen zusammengezogen ist, und je größer die Zusammenziehung, desto deutlicher ist auch die Querrunzelung, während vollkommen schlaffe Muskelfasern eine fast glatte,

runzellose Scheide darbieten. Bei kleinen durchsichtigen Thieren, die man ganz ohne Verletzung unter das Mikroskop bringen kann, z. B. jungen Fischlein, lassen sich diese Verhältnisse auf das Deutlichste beobachten. Meist sieht man auch bei stärkerer Zusammenziehung wellenförmige oder Zickzackbiegungen der einzelnen Muskelfasern, welche früher als der Ausdruck der wirklichen Zusammenziehung angesehen wurden. Jetzt hat man sich überzeugt, daß diese Biegungen entweder durch vereinzelte Zusammenziehungen benachbarter Muskelfasern entstehen, bei welchen die noch ausgedehnten Fasern eingeknickt werden, oder daß sie eine Folge der Elasticität sind, welche mit der lebendigen Zusammenziehung in Kampf tritt. Bei dieser letzteren wird die Muskelfaser in allen ihren Querdurchmessern bedeutender, während ihr Längsdurchmesser abnimmt. Der vorher lang ausgedehnte Muskel wird breiter, dicker, schwillt bedeutend an und erscheint beim Anfühlen hart und fest; an der innern Muskelmasse des Oberarmes, welche den Ellenbogen beugt, hat wohl Jeder schon dies Anschwellen des Muskels an sich selber beobachtet. Man nahm früher zuweilen an, daß bei der Zusammenziehung wirklich eine geringe Verdichtung der Muskelsubstanz vorhanden sei, und daß der zusammengezogene Muskel einen absolut kleineren Raum einnehme, als im Zustande der Erschlaffung; genauere Versuche haben indeß nachgewiesen, daß eine solche Condensation wirklich nicht Statt finde, und daß der Muskel demnach an Breite und Dicke gewinne, was er an Länge bei der Zusammenziehung verliert.

Die Zusammenziehung ändert die molekulare Beschaffenheit der Muskelmassen in jeder Weise. Die Härte, welche der zusammengezogene Muskel darbietet, rührt nur von der Spannung seiner Fasern, nicht von einer Verdichtung seiner Masse her, die in der That, wie genauere Beobachtungen nachgewiesen haben, im Gegentheile weicher wird. Nicht minder ändern sich auch die elektrischen Verhältnisse. Die Längenfläche eines ruhenden Muskels ist stets positiv, der natürliche oder künstliche Querschnitt desselben dagegen negativ elektrisch, so daß in dem Mus-

kel gewissermaßen beständig ein schwacher Strom von den positiven Seiten der Moleküle nach den negativen Enden geht. Man kann deshalb auch eine wahrhafte galvanische Kette in der Weise construiren, daß man geeignete Muskelmassen, wie z. B. diejenigen des Oberschenkels des Frosches, so in einander schachtelt, daß der Querschnitt des einen Stückes die Außenfläche des nächsten berührt. Eine solche aus lebendigen Muskeln gebaute Schenkelsäule wirkt wie eine schwache galvanische Säule, welche einen präparirten Froschschenkel zur Zusammenziehung bringen kann. In den zusammengezogenen Muskeln dagegen ist dieser Molekularstrom so geschwächt, daß seine Anwesenheit kaum noch nachzuweisen ist.

Die willkürliche Zusammenziehung steht unter dem Einflusse der Nerven, welche zu den Muskeln gehen und deren Primitivröhren sich zwischen den einzelnen Fasern derselben in Endschlingen durchschlängeln. Sobald ein Muskelnerve durchschnitten ist, so daß sein Zusammenhang mit dem Centralnervensysteme aufgehoben ist, hört, wie schon oben angeführt wurde, der Einfluß des Willens auf denselben gänzlich auf. Reizt man nun das periphorische Ende des Nerven, welcher noch mit dem Muskel zusammenhängt, so zieht sich dieser zusammen, ganz so, wie wenn der Wille auf ihn eingewirkt hätte. Läßt man das Glied, welches mittelst Durchschneidung seiner Nerven gelähmt wurde, ruhig, so verliert sich allmählich die Reizbarkeit von dem Stamme nach der Peripherie hin. Anfangs zieht sich der Muskel noch jedesmal zusammen, wenn der Nervenstamm gekneipt wird; später erfolgt Zuckung nur auf Anwendung der galvanischen Elektricität, welche unter allen Reizen der wirksamste für die Muskelnerven ist; nach einiger Zeit muß die galvanische Reizung auf die feineren Zweige applicirt werden, wenn sie wirksam sein soll, und zuletzt muß der Muskel selbst unmittelbar von den Drähten der galvanischen Kette berührt werden, um noch schwache Zuckungen zu veranlassen, die endlich auch verschwinden, so daß der Muskel dann durchaus unthätig ist und auf keinerlei Weise mehr reagirt.

Die Ernährung der Muskeln, welche auf diese Weise gelähmt wurden, leidet auf die mannichfachste Weise. Sie werden blaß, schlaff, schwinden allmählich, und man kennt sogar Beispiele, wo sie gänzlich in Fett umgewandelt und vernichtet wurden. So wie aber bei dem gesunden Menschen durch Uebung die Muskeln stärker und kräftiger werden, ihre Ernährung besser von Statten geht, so geschieht es auch bei Gliedern, deren Nerven durchschnitten wurden. Leitet man durch solche gelähmte Glieder täglich galvanische Ströme, um Zuckungen zu veranlassen und die Muskeln nicht durchaus in Unthätigkeit zu lassen, so erhält sich die Reizbarkeit derselben weit länger, ja sie verschwindet durchaus gar nicht und der Muskel bleibt in gleichmäßiger Ernährung, ohne zu erblassen und zu schwinden.

Wenn schon diese Thatsache darauf hinweist, daß die Reizbarkeit der Muskelfaser eine ihr eigenthümlich inwohnende Lebenserscheinung ist, welche nur durch die Nervenreize in Thätigkeit versetzt wird; so erscheint dies noch deutlicher durch den Einfluß nachgewiesen, welche die Abschneidung der Muskelernährung auf die Reizbarkeit hat. Ein Thier, dessen Bauchschlagader unterbunden ist, läuft anfangs noch ganz ordentlich — nach kurzer Zeit aber beginnt es zu schwanken, und bald erscheint es eben so vollständig an beiden Hinterfüßen gelähmt, als wenn man ihm die Nerven derselben durchschnitten hätte. Anfangs bringen galvanische Reizungen noch Zuckungen in den Extremitätenmuskeln hervor, nach einiger Zeit aber nicht mehr, und wenn man vergleichende Versuche an demselben Thier macht, indem man an dem einen Fuße den Blutkreislauf, den Träger aller Ernährung, aufhebt, an dem andern hingegen den Nerven durchschneidet, so zeigt sich, daß der durch Unterbindung der Gefäße und durch Abschluß aller Blutzufuhr gelähmte Fuß bei weitem schneller seine Reizbarkeit verliert, als der durch Nervenzerschneidung gelähmte.

Die Fähigkeit der Zusammenziehung ist demnach eine mit der Muskelfaser unzertrennlich verbundene Lebenseigenschaft, die ihr nicht erst durch die Nerven ertheilt wird; die Nerven dienen

lediglich dazu, dieselben unserem Willen zu unterwerfen, indem der von dem Centralnervensystem ausgehende Impuls zur Bewegung auf die Muskeln übertragen wird.

Fragen wir nun nach den mechanischen Bedingungen, welche an dem Körper zur Vermittlung der Bewegung realisirt sind, so ergiebt sich vor allen Dingen ein leicht vorauszusehendes Verhältniß zwischen den Knochen und Muskeln. Erstere können gleich Stützpunkten und Hebeln betrachtet werden, an welchen die Muskeln wie Zugseile befestigt sind, und meist sogar tritt das Verhältniß ein, daß je nach Bedürfniß oder Zufall der eine Knochen als Stützpunkt dient, auf welchem der andere sich bewegt, und daß wieder in andern Momenten derjenige Knochen, welcher vorher festgestellt war, als bewegender auftritt und der andere die Rolle des stützenden übernimmt. Strecken wir, während wir im Lehnsessel sitzen, den Fuß gerade aus, der auf dem Boden stand, so bewegt sich der Unterschenkel auf dem festgestützten Oberschenkel; stehen wir dagegen von dem Stuhle auf, so wird das Unterbein festgestemmt, der Oberschenkel auf demselben bewegt und so der Körper in die Höhe gehoben. Selten nur treten solche Verhältnisse ein, wie an den meisten Gesichtsmuskeln, wo nur das eine Ende der Muskelfasern fest an Knochen geheftet ist, während das andere frei an der Haut und an weichen verschiebbaren Theilen sich endet, und demnach auch nur Bewegung an dem einen Ende des Muskels als Endresultat der Zusammenziehung auftreten kann. Endlich giebt es nur einige wenige Muskeln am menschlichen Körper, welche fast vollkommene Ringe darstellen und zum Verschließen und Oeffnen von einigen Oeffnungen angebracht sind, wie am Munde und After, wo die ganze Spalte durch die gleichförmige Zusammenziehung von allen Seiten zugeklemmt werden kann.

Ein altes Vorurtheil zieht sich noch durch manche Ansichten über die Art und Weise, wie man sich die Anheftung der Muskeln an den Knochen angeordnet denkt. Die Knochen bilden natürlicher Weise in den meisten ihrer Bewegungen wahre Hebel, und die Gesetze ihrer Wirkung sind durchaus dieselben, wie bei

den auf gleiche Weise construirten Hebeln, die wir in der Mechanik gebrauchen. So bildet unser Vorderarm einen einseitigen Hebel, dessen Anheftungspunkt in dem Ellenbogen gegeben ist, und wo die ziehenden Seile, die Muskeln, zwischen dem Anheftungspunkte und dem Punkte, wo die Last angebracht ist, sich anheften. Es würde zu weit führen, hier auf die Gesetze des Hebels einzugehen, welche der reinen Statik und Mechanik, der Physiologie aber nur in so fern angehören, als dieselben Gesetze an der Maschine des Körpers in Ausführung gekommen sind; aber erwähnen müssen wir, daß schon aus dem angeführten Beispiele erhellt, wie die Natur die Muskeln meist unter den ungünstigsten Verhältnissen für die Kraftentwickelung angebracht hat. Wenn wir eine Last mit möglichster Ersparniß von Kraft in die Höhe heben wollen, so bringen wir sie auf einen möglichst kurzen Hebelarm und verdoppeln in wachsender Proportion unsere Kraft, indem wir diese Kraft an einem langen Hebelarme anbringen; wollen wir einen Stein, welcher der Anstrengung von zehn Männern nicht weichen würde, allein fortwälzen, so schieben wir die Spitze einer langen Stange unter seine Kante und stützen die Stange unmittelbar auf einen kleineren Stein, während wir an dem langen Ende der Stange unsere Kraft wirken lassen. Wollen wir ein Gewicht an einem einarmigen Hebel in die Höhe ziehen und dabei Kraft ersparen, so hängen wir das Gewicht so nahe als möglich an den Befestigungspunkt des Hebels und ziehen an dem andern Ende. So hat die Natur in unserem Körper nicht verfahren. Die Muskeln sind im Gegentheile meist in der Art angebracht, daß sie eine ungeheuere Kraft verschwenden müssen, um eine kleine Wirkung hervorzubringen. Wir wissen dies schon aus unserer täglichen Erfahrung. Ein Sack, den wir in der Hand tragen sollen bei gekrümmtem Arme, ermüdet uns bald; hängen wir denselben um die Mitte des Armes, so ermüdet er schon weniger, und in dem Ellenbogengelenke selbst können wir ihn eben so viele Stunden tragen, als wir ihn Minuten in der ausgestreckten Hand gehalten hätten. Man hat diese Verhältnisse genauer berechnet und gefunden, daß die Wa-

denmuskeln eines Mannes, der auf dem einen Fuße stehend die Ferse emporhebt und sich auf die Zehen stellt, achtzigmal mehr Kraft entwickeln müssen, als ihre Wirkung beträgt, daß sie mithin statt 140 Pfund, die wir als Gewicht des Mannes annehmen wollen, in Wahrheit ein Gewicht von 11,200 Pfunden tragen. Man sieht aus diesem einzigen Beispiele, welches man bedeutend vervielfältigen könnte, daß es der Natur durchaus nicht darauf ankam, Kraft zu sparen, und daß die kleinen Vortheile, welche sie durch Ausbildung von Knorren und Vorsprüngen erzielt, gar nicht in Betracht kommen gegen eine wahre Verschwendung, welche auf der andern Seite Statt findet.

Es liegt meistens in dem Bereiche unseres Willens, ob wir einen Muskel allein oder in Gesellschaft mit einigen andern wirken lassen wollen. Viele Bewegungen, und gerade die wichtigeren, beruhen aber auf dieser gemeinschaftlichen Wirkung der Muskeln und auf der regelmäßigen Aufeinanderfolge der Zusammenziehung eines jeden einzelnen Muskels. Oft verlangt eine solche regelmäßige Folge von einzelnen Bewegungen, welche eine combinirte Bewegung hervorbringen sollen, ziemliche Uebung, zumal wenn die Bewegung stätig und nicht in einzelnen Absätzen ausgeführt werden soll. Nur Wenigen möchte es gelingen, ein mit Wasser gefülltes Glas im Kreise herum zu führen, ohne davon zu verschütten; es gehört eben zu dieser Bewegung ein allmähliches Ueberführen des Willens von einem Muskel zum andern, wodurch jeder zuckende Anstoß, jeder Anhalt vermieden wird, und diese Bedingung läßt sich erst nach einiger Uebung erfüllen. Es giebt indessen manche combinirte Bewegungen, die von Anfang an mit einander unauflöslich verknüpft scheinen und über welche die Vereinzelung des Willens keine Kraft auszuüben vermag. Die meisten Combinationen eignen wir uns erst durch die allmähliche Gewöhnung an; wir lernen gehen, laufen, schwimmen erst nach längerer Uebung und Anstrengung; alle diese erst erzogenen Combinationen sind wir ebenfalls durch Uebung fähig, wieder zu zersetzen und in ihre Einzelbewegungen zu zerlegen. Die meisten Menschen können bei gestreckter Hand den Ringfin-

ger oder den kleinen Finger nicht allein beugen; die Uebung am Claviere lehrt sie bald, einen jeden Finger allein zu gebrauchen. Jede längere Uebung in gewissen Bewegungen bedingt allmählich eine Gewöhnung an diese wiederkehrenden Combinationen, die zuletzt unbewußt werden, die aber eben so leicht wieder durch Angewöhnung anderer Combinationen vertilgt werden können. Die relative Geschicklichkeit in allen Handwerken und Gewerben beruht größtentheils auf diesem Grundgesetze der allmählichen Bildung von Bewegungscombinationen. Der Arbeiter, welcher heute in ein Geschäft eintritt, das er noch nicht kennt, bringt bei dem besten Willen und der größten Anstrengung nicht so viel vor sich, als der Geübte, welcher seit Jahren das Handwerk treibt. Der eine muß die nöthigen Combinationen durch den speciell auf jeden einzelnen Muskel gerichteten Willen hervorbringen, währead bei dem Andern die combinirten Bewegungen in ihrer Reihenfolge ausgeführt werden, ohne daß es einer besondern Aufmerksamkeit von seiner Seite bedarf.

Zu den gewöhnlichsten combinirten Bewegungen gehört das Gehen, dessen mechanische Bedingungen durch ausgezeichnete Untersuchungen vollständig erörtert sind. Bei dem ruhigen Stehen auf zwei Füßen ruht unser Oberkörper auf den säulenartig stützenden Beinen in der Art, daß seine Schwerlinie zwischen die beiden Fersen fällt. Natürlicher aber, weniger ermüdend und darum auch wohl als die ungezwungenste Stellung des Körpers ist diejenige zu betrachten, wo der Körper auf den zwei Beinen zwar ruht, aber doch wesentlich nur auf dem einen, hinteren, während das andere etwas vorangestellt ist und so die Schwerlinie, statt zwischen die Fersen beider Füße, etwa auf den Ballen des hinteren Fußes fällt. Das Gehen beruht auf einer abwechselnden Uebertragung des Körpers auf das eine oder andere Bein, während welcher Uebertragung zugleich die Beine den Ort wechseln und voran sich bewegen. Bei jedem Doppelschritte kommt demnach einmal das linke, einmal das rechte Bein an die Reihe, vorwärts bewegt zu werden, und umgekehrt stützt zuerst das rechte, dann das linke Bein den Körper, während das andere

vorwärts schwingt. Das vorwärts sich bewegende, ausschreitende Bein wird etwas im Kniegelenke gebogen, um bei seiner Bewegung den Boden nicht zu berühren, und schwingt nun wie ein Pendel, einzig durch den Druck der Luft getragen, vorwärts, während das stützende Bein sich vorwärts neigt und der Körper so wörtlich voran fällt. Ehe aber der Körper fällt, hat das schwingende Bein seine Pendelschwingung vollendet, und stützt, auf den Boden stemmend, von neuem den Körper. Nun wird das hinten gelassene Bein gehoben; zuerst wickelt sich die Ferse, dann der Ballen vom Boden ab, und bei dieser Abwickelung wird durch Streckung des Fußes dem Körper eine Wurfbewegung ertheilt, wodurch er nach vornen geschleudert wird. Indem der Körper während dieser Wurfbewegung auf dem zuerst ausgeschrittenen Beine stützt, vollzieht das zweite seine Pendelschwingung und hält den Körper zu rechter Zeit im Falle auf.

Es ergiebt sich aus dieser Analyse des menschlichen Ganges, daß derselbe wirklich ein beständiges Vorwärtsfallen des Körpers darstellt, welches eben so regelmäßig durch die vorwärts schwingenden und unterstützenden Beine verhindert wird. Bei dem Gehen findet demnach eine Abwechselung zwischen zwei Momenten Statt. In dem einen beschreibt der Körper, auf das eine Bein gestützt, eine Wurfbewegung, in dem andern stützt er sich auf beide Beine zugleich. Je langsamer der Schritt ist, desto länger dauert der zweite Moment, desto länger ruht der Rumpf auf beiden Beinen; je schneller man geht, desto mehr wird dieses Moment verkürzt und beim Laufen ist es auf Null reducirt. Der Lauf unterscheidet sich dadurch vom Schritt, daß stets nur ein Bein den Körper stützt, daß beide Füße mit einander vollkommen abwechseln, somit der eine in demselben Augenblicke den Boden verläßt, wo der andere ihn berührt. Die Wurfbewegung des Körpers ist natürlich bei dem Laufe viel größer, und es wird dieser mitgetheilten Geschwindigkeit halber um so unmöglicher, sich im Laufe aufzuhalten, als dieser schneller ist. Sobald der Lauf schneller wird, giebt es sogar eine gewisse

Zeit, während welcher der Körper frei in der Luft schwebt, ohne auf irgend eine Weise gestützt zu sein, und wo er demnach förmlich, wie beim Sprunge, vorwärts geschleudert ist. Der Lauf ist demnach ein Uebergang vom Gange zum Sprunge, und wir unterscheiden nur deshalb zwischen diesen beiden Bewegungen, weil wir beim Laufe eine Menge kleiner Sprünge zu einer horizontal fortschreitenden Bewegung verbinden, während wir unter Sprung mehr eine einzelne größere Kraftanwendung verstehen, bei welcher wir die verschiedenen Gelenke des Fußes und selbst des Körpers zusammenbeugen, um sie dann gleich gebogenen Federn plötzlich auseinander zu schnellen und dadurch dem Körper eine gewaltige Wurfbewegung zu ertheilen, in welcher dann die Beine nachgezogen werden. Die vertikale Erhöhung, welche der Rumpf beim Sprunge erreichen kann, ist indeß nicht so bedeutend, als man von vorn herein glauben sollte. Ein geübter Springer kann ohne Benutzung von Sprungbrettern und ähnlichen Apparaten, welche durch ihre Federkraft die Wurfbewegung erhöhen, über eine Barriere springen, die so hoch als er selbst ist. Diese Höhe erscheint freilich beträchtlich; bedenkt man aber, daß bei solchem Sprunge die Beine dicht an den Leib angezogen werden, und daß somit von der Höhe des Sprunges die ganze Länge der Beine abgezogen werden muß, so wird unsere Bewunderung um vieles geringer. Die vertikale Höhe, in welche ein Mensch seinen Körper im Sprunge schleudern kann, erreicht im Ganzen höchstens fünf Fuß, und es muß dieselbe nicht nach der Höhe, über welche man setzt, sondern nach der Höhe geschätzt werden, welche der Scheitel erreicht. Der Unterschied zwischen der Höhe des Scheitels bei aufrechtem Stehen und der Höhe, welche der Scheitel im Sprunge erreicht, drückt eigentlich die wahre Sprunggröße aus. Ein Gleiches findet bei den Thieren Statt. Man beobachte ein Reh, einen Hirsch, wenn er über eine Hecke setzt. Die Vorderbeine werden so unter den Leib geschlagen, daß sie fast an den Seiten desselben anliegen, die Hinterbeine, nachdem sie den Schwung gegeben haben, gerade ausgestreckt, so daß die ganze Unterfläche des

Thieres eine horizontale Linie bildet. Gesetzt, der Hirsch hätte drei Fuß lange Beine, so wird er, wenn sein Körper im Sprunge sechs Fuß hoch emporgeschnellt wird, über ein neun Fuß hohes Hinderniß wegspringen können.

Ein Schritt kann im Durchschnitte auf die Länge von zwei Fußen oder 65 Centimetern angenommen werden. Das schnellere Gehen, so wie das Laufen, bringt nicht durch Verlängerung der Schritte, sondern vielmehr durch Beschleunigung derselben eine bedeutende Zeitersparniß bei gleicher Distanz. Man hat berechnet, daß der französische Soldat bei gewöhnlichem Marschiren 76 Schritte in der Minute macht, während der Geschwindschritt 100 und der Sturmschritt 126 Schritte in der Minute zählt. Bei der preußischen Armee dürften des dort eingeführten unnatürlichen Hahnenschrittes wegen diese Verhältnißzahlen etwas geringer ausfallen. Es ergiebt sich daraus, daß der Soldat im gewöhnlichen Schritte etwa zwei und einen halben Fuß in der Secunde zurücklegt, während er im Sturmschritte etwa drei und einen halben Fuß in der Secunde durchmißt. Geübte Läufer sollen vierzehn, andere sogar selbst dreißig Fuß in der Secunde zurückgelegt haben, eine Schnelligkeit, welche fast denen der besten Pferde gleichkommt. Es ist leicht einzusehen, daß die Bewegungen bei solcher Schnelligkeit in anderer Weise ausgeführt werden müssen, als bei den oben angeführten Normalverhältnissen; daß die Schwingung des Beines namentlich in gar keinen Betracht kommen kann und durch Muskelthätigkeit ersetzt werden muß, indem die zur Pendelschwingung erforderliche Zeit viel zu lange dauern würde.

Es würde zu weit führen, wollten wir die übrigen Bewegungen des Menschen eben so behandeln, wie das Gehen. Indem wir diese am Vollständigsten untersuchte combinirte Bewegung auswählten, wollten wir nur zeigen, in welcher Weise solche Combinationen geschehen, und wie der Wille noch einen bedeutenden Einfluß auf dieselben üben kann, indem er im Stande ist, jedes einzelne Moment derselben zu modificieren. Es giebt indessen gewisse Bewegungscombinationen, über welche wir nur

bis zu einem gewissen Grade Herr sind; dahin gehören unter andern die Athem- und Schluckbewegungen. Wir können länger oder kürzer, tiefer oder oberflächlicher athmen, den Athem anhalten oder beschleunigen, ganz nach unserem Belieben, so gut als wir gehen oder laufen, springen oder hüpfen können; allein es ist uns unmöglich, durchaus den Athem anzuhalten, alle Athembewegungen aufzuheben, und wenn es nur auf wenige Minuten wäre. Nach kurzem Anhalten des Athmens tritt Beängstigung, Herzklopfen, Zittern der Glieder ein, und wenn auch der Wille sich noch so sehr dagegen sträubte, er wird überwunden und ein Athemzug vollbracht, der wieder frisch die Respiration bethätigt. Eben so verhält es sich mit den Schluckbewegungen. Dieselben sind durchaus freiwillig; wir können schlucken, wenn wir wollen; wenn aber ein Bissen in die hinteren Theile des Rachens gelangt ist, so mag man sich anstellen wie man will, man muß unwillkürlich schlucken.

Die Emancipirung einzelner Bewegungen vom Willen bleibt indeß nicht bei der theilweisen Befreiung stehen, die wir an den eben angeführten Beispielen sahen, sondern sie geht noch weiter. Es giebt im Körper eine ganze Reihe von Bewegungen, die durchaus der Herrschaft unseres Willens entzogen sind. Die Bewegungen des Herzens, der Gedärme, der ausführenden Gänge der Drüsen gehören zu dieser Klasse der unwillkürlichen Bewegungen, welche auch meist durch eigenthümliche Muskelfasern bedingt werden. Das Herz besitzt noch Muskelfasern mit quergestreifter Scheidenhülle; der Darm hingegen, die Drüsengänge zeigen nur einfache Primitivfäden, welche nicht bündelweise in Scheiden eingehüllt sind und deshalb auch keine Querstreifen zeigen. Wir haben schon oben gesehen, daß diese Bewegung in Folge der eigenthümlichen Stellung des sympathischen Nervensystemes auch in ganz besonderen Beziehungen zu dem Centralnervensysteme und den peripherischen Ausstrahlungen desselben steht. In der regelmäßigen Fortsetzung der wurmförmigen Bewegungen von oben nach unten, der Zusammenziehungen des Herzens von den Vorhöfen nach den Kammern,

muß man ähnliche nothwendige Combinationen erkennen, wie diejenigen, welche wir so eben bei den willkürlichen Muskeln erwähnten.

Durch die tanzenden Tische und die Klopfgeister ist man in der neuesten Zeit auf eine Reihe von Erscheinungen aufmerksam geworden, die lediglich von der Thätigkeit des Muskelsystemes abhängen. Der Wille übt auf die Muskeln einen ähnlichen Einfluß, wie der galvanische Strom: er dient als Reiz, um eine Zuckung hervorzubringen. Eine jede stetige Bewegung, die wir auszuführen haben, ein jedes Verharren in irgend einer Muskelzusammenziehung beruht eigentlich nur auf einer Reihe kleinerer Zusammenziehungen, deren Spielraum die von uns selbst gesetzte Gränze nicht überschreitet. Die dauernde Contraktion eines Muskels oder einer Muskelgruppe läßt sich demnach mit dem Starrkrampfe vergleichen, der in Folge der Einwirkung einer elektrischen Rotationsmaschine oder eines Magnetelektromotors deshalb eintritt, weil die einzelnen elektrischen Schläge, die eine Zuckung veranlassen, zu schnell auf einander folgen, um eine zwischenliegende Erschlaffung zu gestatten. Die dauernde Zusammenziehung eines Muskels ist ebenfalls nur eine Summirung solcher in sehr geringer Zeit auf einander folgender Willensstöße, welche keine zwischenliegende Erschlaffung aufkommen läßt. Man kann sich hiervon auf das Deutlichste überzeugen, wenn man nur die Zusammenziehung so lange anhalten läßt, daß Ermüdung eintritt. Die Reizbarkeit der Muskeln, die Leitungsfähigkeit der Nerven, vielleicht auch die Empfänglichkeit derjenigen Hirnstelle, von welcher der Willensanstoß ausgeht, erschöpfen sich allmählich, und Statt des anhaltenden Starrkrampfes treten gewissermaßen Wechselkrämpfe ein. Die einzelnen Willensstöße werden langsamer, der Muskel antwortet langsamer darauf; dieselbe Bewegung, die früher stetig war, wird zitternd, unstet und zeigt deutlich ihre Zusammensetzung aus einzelnen Contraktionen. Bei noch stärkerer Ermüdung bedarf es einer Ueberwindung des Willens, um diese Wechselzu-

sammenziehungen zu heben. Die Willen erzeugende Hirnstelle kommt in einen Zustand krankhafter Ueberreizung.

Die Anwendung dieser unmerklichen, in geringen Zeitfolgen rasch sich folgender Bewegungen auf ein günstiges Kraftmoment, indem man die Contraktionen mehrerer Personen summirt, liegt bei unerfahreneren Tischdrehern der Erscheinung zu Grunde. Man muß hier mit ausgespreitzten Händen, in unbequemer Stellung so lange warten, bis die erste Periode der Ermüdung, die zeitlich wahrnehmbaren Muskelstöße eintreten. Das Schließen der Kette durch Berührung der Finger und die übrigen Vorsichtsmaßregeln dienen nur dazu, durch Häufung der Unbequemlichkeiten und durch Fesselung der Aufmerksamkeit diese Periode schneller herbeizuführen. Die Uebertragung dieser kleinen Kräfte auf den Tisch zur Erzeugung eines mechanischen Kraftmomentes ist jetzt zu genau nachgewiesen, als daß es in dieser Beziehung weiterer Ausführung bedürfte.

Hierzu kommt noch, und namentlich bei Erfahrenen und Geübten, ein zweites Moment: die unbewußte Herrschaft unseres Willens über unsere Bewegungen, der erste Grad einer Kette von Erscheinungen, die auf ihrem Endpunkte an dem Schlafwandeln ankommen. Jeder feste Willensvorsatz übt einen solchen Einfluß aus, daß er auch unbewußt die Bewegungen in gewisser Weise beherrscht. Je nervenschwacher, reizbarer die Personen sind, desto leichter tritt dieser unbewußte Willenseinfluß hervor, und ihm ist es zu verdanken, daß die Tische durch Klopfen Vorstellungen und Gedanken von Personen, welche betheiligt sind, in für Laien überraschender Weise kund geben. Darum ist es jetzt eine festgestellte Thatsache, daß die Tische nur in solchen Sprachen reden und Antwort geben, welche von den Anwesenden oder wenigstens Einem der Anwesenden verstanden werden; daß sie aber stumm bleiben oder nur sinnlose Buchstaben abklopfen, wenn sie in deutscher Gesellschaft russisch oder arabisch antworten sollen.

Dies die einfachen Gründe der Erscheinungen, auf welche gestützt unsägliche Narrheit aufs Neue den Weg durch die ganze

Welt gemacht und damit den Beweis geliefert hat, daß der Unverstand und die Unfähigkeit, Thatsachen als solche aufzufassen und ihrem Wesen nach zu untersuchen, noch immer bei dem Menschengeschlecht vorwiegen und den Hemmschuh der weiteren Entwickelung bilden. Auch bei dieser Gelegenheit hat man sich wieder überzeugen müssen, daß der Aberwitz desto weiter sich verbreitet und desto längere Geltung behält, je weiter er sich von jeder vernünftigen Grundlage entfernt, und daß der Grundsatz des heiligen Augustin »credo, quia absurdum« noch immer die unbewußte Richtschnur der auf verfehlter Grundlage Erzogenen bildet. Von den Betrügereien, die bei all diesen kleinen Familiencomödien mit unterlaufen, und die um desto sicherer geübt werden, je weniger erstaunte und betroffene Verwandte sich vor ihnen in Acht nehmen, will ich ganz schweigen. Meiner Erfahrung zufolge sind es junge, in der Geschlechtsentwickelung begriffene Mädchen, welche die ausgezeichnetsten »Media« für solche Farcen bilden. Man braucht aber nur einigermaßen in der Geschichte der medicinischen Täuschungen und auch in der gerichtlichen Medicin bewandert zu sein, um zu wissen, welch unerschöpflicher Schatz von Espièglerie auch in den unschuldigst erscheinenden Mädchen dieses Alters verschlossen ist.

Zum Schlusse dieses Briefes sei noch kurz einer eigenthümlichen Erscheinung erwähnt, deren Existenz eigentlich nur bekannt ist, ohne daß wir uns einen Begriff von ihrem Nutzen machen könnten. Ich meine die sogenannte Flimmer- oder Wimperbewegung. Die Schleimhaut der Nase, der Luftröhre, der innern weiblichen Geschlechtstheile ist beim Menschen von einer eigenthümlichen Lage einer Oberhaut überzogen, die aus kleinen Zellen besteht, deren jede mehrere unendlich kleine Wimperhaare trägt, welche in beständig schwingender Bewegung sind. Nur die Zerstörung der Zelle oder der Wimpern hemmt die Bewegung, jeder andere Einfluß ist unwirksam; sie hängen weder von dem Nervensysteme, noch von dem Kreislaufe ab; die Wimpern abgeschabter, isolirter Zellen flimmern so lange fort, bis die Zelle

sich zu zersetzen anfängt. In dem Thierreiche ist diese Erscheinung ungemein weit verbreitet, und man kann wohl sagen, daß um so mehr Oberflächen des Thieres flimmern, je tiefer das Thier selbst in der Reihe steht. Das Phänomen ist indeß nicht bloß auf das Thierreich beschränkt; die Samenkörner oder Sporen der meisten niederen Wasserpflanzen, der Algen und Tange besitzen ebenfalls einen Ueberzug von Flimmerhaaren, womit sie sich sehr behende im Wasser nach allen Richtungen hin bewegen, und zwar in einer Art bewegen, daß die Zweckmäßigkeit und man möchte fast sagen die Willkürlichkeit dieser Bewegungen kaum in Abrede zu stellen ist. Die willkürliche Bewegung mittelst eigener Bewegungsorgane war bisher das letzte Criterium für den Unterschied zwischen Thieren und Pflanzen in jenem Bereiche der niedersten Geschöpfe, wo die beiden sonst so verschiedenen Typen der organischen Wesen einander die Hand zu reichen scheinen; die Beobachtungen der letzten Zeit haben dieses früher so leicht erfaßliche Kennzeichen untauglich gemacht. Es ist wahrlich unmöglich, an den Bewegungen allein zu unterscheiden, ob man die Spore einer Alge oder ein grünes Infusionsthierchen vor sich habe; erst wenn man die Algenspore sich setzen und fadenartig verlängern sieht, erst dann erkennt man ihre pflanzliche Natur. Das Beispiel des größten Infusorienkenners unserer Zeit beweist, wie unmöglich die aus der Bewegung entnommene Unterscheidung ist. Sein Buch wimmelt von pflanzlichen Organismen, die als Thiere beschrieben sind.

Bei vielen niederen Thieren ist die Flimmerbewegung das einzige Bewegungsmittel; bei andern bewegt sie die Nahrungsmittel im Innern des Darmes, das Blut im Innern der Gefäße. Auch bei dem Menschen muß auf der Oberfläche der flimmernden Schleimhäute ein beständiger Strom Statt finden, da die Wimperhaare, welche sich auf einer Membran befinden, nach derselben Richtung hin schlagen. Man hat geglaubt, daß dieser Strom die Beförderung des Schleimes nach außen übernehmen könne,

daß er auf andern Häuten durch Beförderung von außen nach innen besondere Zwecke erfülle; allein es hat sich gezeigt, daß er meist in entgegengesetzter Richtung lief, als man voraussetzte. Bis jetzt kann man nicht einmal eine Vermuthung haben, weshalb die Natur einzelne Schleimhäute mit solcher Flimmerbewegung versehen habe und andere nicht; der Zweck derselben ist uns gänzlich unbekannt.

Siebzehnter Brief.

Die Stimme und Sprache.

Die Veredlung des Menschengeschlechtes, seine selbstständige Fortbildung ist einzig möglich gemacht worden durch die Fähigkeit, mittelst der Sprache die Gedanken mittheilen zu können, welche dadurch Gemeingut Aller werden müssen, während sie bei den Thieren größtentheils im Besitze des Individuums eingeprägt, mit der Vernichtung desselben untergehen und keinen weiteren Einfluß auf die Veredlung der Art ausüben. Ich will damit nicht behaupten, daß die Thiere nicht fähig seien, einander Mittheilungen zu machen, die mehr oder weniger beschränkt sind, je nach dem Gesichtskreise ihrer Ideen; ich glaube im Gegentheile, daß die Sprache der Thiere kein leeres Spiel der Phantasie ist, sondern daß eine solche existirt, die aber etwa eben so beschränkt ist, als die Sprache der Cretins, welche nur fähig sind, die gewöhnlichsten Thatsachen und Vorkommnisse einander durch gewisse artikulirte Töne mitzutheilen. Hund Scipio und Braganza sind Schöpfungen der Phantasie; wenn aber Jagdhunde mit einander jagen gehen, erst eine Zeitlang gesenkten Kopfes neben einander hertrotten, dann plötzlich sich trennen und nun der eine schnurstracks nach einem bekannten Wechsel läuft, während der andere im Walde sucht und den Hasen nach dem Orte hintreibt, wo sein Kamerad wartet — will man dann läugnen, daß Verabredung zwischen den Hunden Statt gefunden und beide überein

gekommen sind, der eine zu jagen und der andere an bestimmter Stelle zu warten?

Die Beobachtungen Huber's über die Ameisen namentlich haben nachgewiesen, daß diese intelligenten Thierchen eine Zeichensprache haben, die gewiß eben so ausgebildet und vollständig ist, als die Zeichensprache der Taubstummen. Die Töne, welche viele Thiere von sich geben, sind durchaus den verschiedenen Lebenszwecken angepaßt. Hier dienen sie als Warnung, dort als Lockung, so daß eine vollständige Reihe von Empfindungen und Seelenzuständen mitgetheilt werden kann. Wir verstehen meist diese Zeichen- und Tonsprache nur deshalb nicht, weil wir durch längeren Umgang und genauere Analyse der einzelnen Zeichen und ihrer Folgen uns nicht daran gewöhnt haben, ihre Bedeutung aufzufassen. Der Fremde, der in ein Taubstummeninstitut eintritt, ist ebenfalls unfähig, die Unterhaltung der Zöglinge zu begreifen, die dem Lehrer vollkommen geläufig ist. Faßt man die Entwickelung der Sprache und der entsprechenden Schriftzeichen, so wie sie uns historisch vorliegen, oder die Ausbildung bei dem Kinde von der Geburt an ihren verschiedenen Phasen nach zusammen, so unterliegt es keinem Zweifel, daß in der Thierwelt eine durchaus ähnliche Stufenfolge der Mittel zur Gedankenmittheilung existirt, die aber nur auf einem weit tieferen Punkte, auf demjenigen der Geberdensprache oder der einfachen Lautsprache stehen bleibt, in Uebereinstimmung mit den geringeren geistigen Fähigkeiten der Thiere. Die Sprache des Menschen ist deshalb eben so wenig ein absoluter, in dem Bau des Kehlkopfes bedingter Vorzug, als Malerei und Bildhauerkunst ein in der Ausbildung der Hand gegründeter Vorzug sind. Es giebt überhaupt keine einzige Funktion des menschlichen Körpers und somit auch keine einzige Eigenschaft des Geistes, die dem Menschen allein zukäme und die ihm absolut von allen anderen Geschöpfen unterscheiden könnte. Die Ueberlegenheit des Menschen beruht in der zweckmäßigen Vereinigung der Fähigkeiten und der weiteren Höherbildung der thierischen Grundlage.

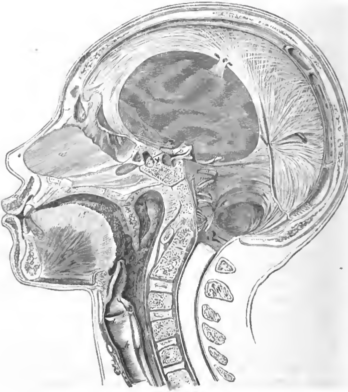


Fig. 25. Durchschnitt des Kopfes, um die Stimmorgane zu zeigen. a. Nasenscheidewand c. Zunge. d. Weicher Gaumen. e. Zäpfchen. f. Rachenhöhle. h. Kehldeckel. i. Stimmritze. k. Schildknorpel.

Das Organ der Stimmbildung ist der Kehlkopf, den das gewöhnliche Leben auch mit dem Namen des Adamsapfels belegt. Bei Männern bildet er meist einen deutlichen Vorsprung an der vorderen Seite des Halses, und die Tradition behauptet, Adam habe bei dem bekannten Apfelbiß sich heftig gegen das Zureden Eva's gesträubt, bis diese endlich ihm den Apfel halb mit Gewalt in den Mund gestopft habe, wobei ihm der Krutzen

in die Luftröhre gerathen und dort stecken geblieben sei. Der Kehlkopf bildet den oberen Theil der Luftröhre; durch eine Längsspalte, die sogenannte Stimmritze, öffnet er sich in dem hinteren Theile des Rachens an der Wurzel der Zunge in die Rachenhöhle. Blickt man bei geöffnetem Munde, während man die Zunge mittelst eines Löffelstiels tief niederdrückt, in den Spiegel, so erblickt man im Hintergrunde der Mundhöhle auf beiden Seiten zwei spitzbogenartig gewölbte häutige Vorsprünge, die Gaumenbogen, welche Coulissen gleich nach der Mitte hin vorgeschoben und wieder zurückgezogen werden können. Von dem Dache der Mundhöhle senkt sich ein häutiger Vorhang mit einer mittleren beweglichen, hakenartigen Verlängerung, das Gaumensegel mit dem Zäpfchen. Alle diese im Hintergrunde der Mundhöhle angebrachten Gebilde schließen dieselbe bei geschlossenem Munde meist förmlich nach hinten ab, und hinter ihnen findet sich eine geräumige Höhle, die Rachenhöhle, in welche die Luftröhre durch die Stimmritze des Kehlkopfes, der Schlund und die Nasenhöhle durch ihre hinteren Oeffnungen einmünden. In diesem Punkte kreuzen sich mithin die beiden Wege für die Luft einerseits und die Nahrungsmittel andererseits. Der normale Weg für die Ein- und Ausathmung geht durch die Nase, den Kehlkopf, die Luftröhre; der normale Weg für die Nahrungsmittel durch Mund, Schlundkopf und Schlund. Während demnach bei ruhigem Athmen der Luftzug durch die beweglichen Gaumengebilde von dem Nahrungswege abgeschnitten ist, findet sich über der Stimmritze ein klappenartiger Deckel, der Kehldeckel oder die Epiglottis, durch welche beim Hinabschlingen der Speisen die Stimmritze verdeckt und somit der Luftweg geschlossen werden kann, während die Speisen an seiner Oeffnung vorbei in den Schlund gleiten, welcher hinter der Luftröhre sich öffnet. Bei dem Bilden artikulirter Töne endlich stehen beide Wege in ihrem vorderen Theile offen, und die beweglichen Gaumentheile, die Zunge und der Mund, nehmen den lebhaftesten Antheil an der Bildung und Modificirung einzelner Töne und Buchstaben. Vor allen Dingen wird es nöthig

sein, die Bedingungen zu untersuchen, welche der Tonbildung zu Grunde liegen, und dann erst nachzuforschen, inwiefern die gebildeten Töne bei der Sprache benutzt werden.

Den Kehlkopf bildet das obere angeschwollene Mundstück der Luftröhre, die durch ihre elastischen Knorpelringe beständig offen erhalten wird. Aus mehreren beweglichen Knorpeln zusammengesetzt, welche durch vielfache Bänder zusammengehalten, durch Muskeln sowohl einzeln gegen einander, als auch in ihrer Gesammtheit bewegt werden können, bietet der Kehlkopf ein äußerst veränderliches bewegliches Organ dar, dessen physikalische Verhältnisse nur äußerst schwer dem Versuche zugänglich waren. Erst der Scharfsinn und die Ausdauer neuerer Beobachter haben über diese Schwierigkeiten triumphiren und uns ein, freilich auch jetzt noch unvollständiges Bild der an dem Kehlkopfe Statt findenden Thätigkeiten aufstellen können.

Auf dem letzten Ringe der Luftröhre sitzt ein vollständiger fester Knorpelring, der Ringknorpel, der vorne nur schmal ist, hinten aber breit wird, so daß er etwa wie ein großer Siegelring sich darstellt, bei welchem die breite Fläche des Siegels der Wirbelsäule und dem Schlunde zugekehrt ist, während die schmale Handfläche nach außen schaut. Auf diesem Ringe ruht vorne ein großer, winkelförmiger Knorpel, aus zwei unregelmäßig dreieckigen seitlichen Stücken bestehend. Dies ist der Schildknorpel, und die vordere Kante, in welcher sich seine beiden flügelartigen Seitenhälften vereinigen, bildet jenen Vorsprung am Halse der Männer. An der hinteren Seite dieser Flügel, zwischen ihnen und dem breiten Theile des Ringknorpels, finden sich zwei kleine, äußerst bewegliche Knorpel, die Gießkannenknorpel, welche so auch oben den Kehlkopf zurunden. Ueber dem Schildknorpel endlich steht aufrecht der zungenartig gestaltete Kehldeckel, der nach hinten überklappen und die obere Oeffnung des Kehlkopfes, die Stimmritze, schließen kann.

Die hauptsächlichsten Organe der Tonbildung sind zwei faserig elastische Bänder, welche von hinten nach vorn zwischen den Gießkannenknorpeln einerseits und der inneren Wand des

Schildknorpels so ausgespannt sind, daß sie eine mittlere, mehr oder minder weite Spalte zwischen sich lassen. Diese elastischen Bänder sind die Stimmbänder, ohne deren Mitwirkung kein Ton entstehen kann. Betrachtet man den Kehlkopf von unten her, nachdem man ihn von der Luftröhre losgetrennt hat, so sieht man die Höhlung des Ringknorpels oben geschlossen durch den feinen Spalt der Stimmritze, welche zwischen den beiden Stimmbändern liegt; in ähnlicher Weise zeigt sich die Stimmritze von oben, sobald man den Kehldeckel zurückgebogen hat. Schneidet man bei einem lebenden Thiere ein Loch in die Luftröhre oder in den Ringknorpel unterhalb der Stimmbänder, so daß die ausgeathmete Luft nicht mehr durch die Stimmritze, sondern durch die künstliche Oeffnung entweicht, so ist jede Hervorbringung von Tönen unmöglich; — sobald man das Loch aber mit dem Finger schließt und so die Luft zwingt, von neuem die Stimmritze zu durchströmen, werden auch wieder Töne erzeugt. Versuche an Thieren, so wie Beobachtungen an Selbstmördern, deren Schnitt an dem Halse zu hoch angebracht war, führten ebenfalls zu dem Resultate, daß die Tonbildung nur durch die Stimmbänder geschehe. Man hat öfter solche Unglückliche behandelt, welche unmittelbar über dem Schildknorpel oder an dessen oberem Theile den Schnitt geführt und so den Kehldeckel oder gar die obere Hälfte des Schildknorpels abgetragen hatten, so daß die Stimmbänder frei gelegt waren. Tonbildung war dann nach wie vor möglich, und nur wenn die Stimmbänder selbst verletzt waren, zeigte sich vollkommene Stimmlosigkeit.

Aus diesen Thatsachen schon geht hervor, daß die Luftröhre mit dem Ringknorpel eine Röhre darstellt, deren oberes Ende durch eine Ritze gebildet wird, an welcher zwei elastische Bänder angebracht sind, die mehr oder weniger gespannt werden können und die beim Blasen durch die Röhre (Ausathmen) den Ton hervorbringen. Das stimmbildende Organ stellt demnach eine Zungenpfeife dar, in welcher die Töne durch Schwingungen häutiger elastischer Zungen hervorgebracht werden und deren Ansprachrohr die Luftröhre ist. Die über den schwingenden Zungen,

den Stimmbändern, gelegenen Theile, nämlich die weichen Theile des oberen Kehlkopfes, Kehldeckel, Rachen-, Mund- und Nasenhöhle, bilden ein mannichfach complicirtes Ansatzrohr oder Verlängerungsrohr, in welchem theils durch Resonanz der Ton verstärkt, theils eigenthümlich modificirt wird.

Die verschiedene Höhe und Tiefe der Töne, welche an dem Kehlkopfe hervorgebracht werden, hängt von verschiedenen Bedingungen ab. Eine der wesentlichsten ist die größere oder geringere Spannung der Stimmbänder und die dadurch bedingte Häufigkeit der Schwingungen, welche sie in einer bestimmten Zeit ausüben. Die Weite der Stimmritze hat auf die Höhe oder Tiefe der Töne keinen Einfluß; indeß ist es doch nothwendig, daß die Stimmritze eine feine linienförmige Spalte von höchstens einem Zehntel Zoll querem Durchmesser bilde. Ist die Stimmritze weiter, als eine Linie, so entsteht kein Ton mehr, sondern nur ein Röcheln und Rasseln; die Luft brodelt zwischen den Stimmbändern durch, ohne daß sie hinlänglich dieselben in Schwingung versetzen könnte, um einen wahren Ton zu erzeugen.

So wie aber der Ton einer schwingenden Saite dadurch erhöht werden kann, daß man ihre Länge verkürzt, so ist dies auch mit den Stimmbändern der Fall. Je kürzer diese schon von Natur sind, oder je mehr sie am lebenden Kehlkopfe verkürzt werden, desto mehr erhöht sich der Ton. Auf diesem Grunde schon beruht der Unterschied zwischen den Tönen der männlichen Kehlköpfe einerseits und denjenigen der Frauen und Kinder andererseits. Die mittlere Länge der Stimmbänder des Mannes beträgt in der Ruhe 18¼ Millimeter, in der größten Spannung 23⅙ Millimeter; beim Weibe zeigen die Stimmbänder in der Ruhe eine mittlere Länge von 12⅔ Millimeter, in der größten Spannung 15⅔ Millimeter. Bei einem Knaben von 14 Jahren verhielten sich beide Maße in folgender Art : Länge in der Ruhe 10½ Millimeter, bei der größten Spannung 14½ Millimeter. Zu dem Unterschiede zwischen den verschiedenen Geschlechtern und dem Kindesalter trägt dann noch die verschiedene Geräumigkeit des Kehlkopfes, die Festigkeit seiner Wände,

die Starrheit seiner Bänder bei. Der Kehlkopf des Mannes ist weit größer, der Winkel, unter welchem die beiden Flügel des Schildknorpels in der Mittelkante zusammenstoßen, stärker, die Knorpel dicker und fester, die Bänder starrer. Daher dann auch die größere Unbeholfenheit in der schnellen Hervorbringung der Töne bei dem männlichen Geschlechte, der tiefere Klang, die eigenthümliche Farbe der hervorgebrachten Töne. Besonders die Starrheit der Bänder, Knorpeln und Muskeln scheint hier einen wesentlichen Einfluß zu üben, da die Singfertigkeit in geradem Verhältnisse mit der Stimmhöhe steht, vorausgesetzt, daß Uebung und Schule sonst gleich seien. Der Bassist bedarf im Durchschnitt mehr Zeit zur Hervorbringung einer Roulade, einer Tonfolge, als der Tenorist, und die Weiber sind in diesem Verhältnisse weit mehr bevorzugt, als die Männer. Die Musiker haben dies weit eher gewußt, als die Physiologen; die Baßstimmen bewegen sich meist in vollen Noten, während die Tenore Achtel anschlagen und die Soprane Zweiunddreißigstel trillern; und wenn zuweilen in komischen Opern scheinbare Ausnahmen vorkommen und zänkische Alte in raschen Noten sich vernehmen lassen, so bleibt die Stimme meist auf demselben Tone liegen und nur die Aussprache zerstückelt den langen Ton in viele einzelne.

Die elastischen Bänder, zu welchen eben die Stimmbänder gehören, haben indeß vor den Saiten, mit welchen sie öfter verglichen wurden, noch ein Verhältniß voraus, wodurch der Ton, welchen sie geben, erhöht oder erniedrigt werden kann. Bei sonst gleicher Spannung, die indeß nicht zu stark sein darf, kann eine elastische Zunge zwei sehr verschiedene Töne geben, je nachdem sie in ihrer ganzen Breite oder nur an ihrem Rande schwingt; in dem letzteren Falle ist der Ton weit höher, heller als in dem ersteren Falle. Bei dem menschlichen Stimmorgane ist diese Eigenthümlichkeit der elastischen Bänder in Anwendung gezogen und dadurch der Unterschied der Brusttöne und der Falsettöne bedingt. Beim Hervorbringen des Brusttones schwingen die Stimmbänder in ihrer ganzen Breite und Länge in wellen-

förmigen Biegungen; bei dem Falsettone schwingt nur ihr innerster Rand, ebenfalls in seiner ganzen Länge. Je stärker das Stimmband gespannt ist, desto schwieriger ist es in seiner ganzen Breite zum Schwingen zu bringen; mit zunehmender Spannung wird der schwingungsfähige Rand stets schmäler und schmäler, der Ton stets höher und höher. Wir können daher die oberen Töne unserer Stimme nur mit dem Falsetregister, d. h. mit randlich schwingendem Stimmbande geben, während wir in den Mitteltönen einen gewissen Umfang von Tönen besitzen, welche wir, je nach unserer Absicht oder Bequemlichkeit, entweder als Brustton oder als Falsetton ansprechen können. Singen wir die Tonleiter unserer Stimme von ihren tiefsten Tönen an, wo die Stimmbänder in ihrer ganzen Breite schwingen, so geben wir die höheren Töne weit leichter mit der Bruststimme, indem wir eben die Spannung nur nach und nach verstärken, das Stimmband aber bis zur letzten Gränze in seiner ganzen Breite schwingen lassen, um es dann in eine andere Stellung zu bringen, wo nur der Rand schwingt; fangen wir im Gegentheile die Tonleiter von oben an, mit nur randlich schwingenden Stimmbändern, so sprechen wir gewisse Töne im Falsettone an, welche wir von unten auf im Brusttone nahmen. Der Unterschied des Jodelns von dem gewöhnlichen Singen beruht wesentlich auf dem schnellen Wechsel zwischen Brustregister und Falsetregister; der Jodeler giebt die meisten Mitteltöne, welche ein anderer Sänger mit dem Brusttone singt, mit dem Falsetregister an, und bei dem schärferen Klange der Falsettöne erscheinen dieselben im Gegensatze zu den volleren Brusttönen weit höher und der Abstich bedeutender. Vielen Sängern ist es unmöglich, zu jodeln, weil ihnen der schnelle Absprung von Brustregister auf Falsetregister und umgekehrt nicht möglich ist, und die meisten Sänger wissen sehr gut, in welcher Tonfolge ihnen ein hoher Ton gegeben werden muß, damit sie ihn voll und tönend ansprechen können.

Eine letzte Möglichkeit der Erhöhung des Tones, welchen eine schwingende Zunge giebt, liegt in der Stärke des Windes, womit dieselbe angeblasen wird. Bei gleicher Spannung kann

dadurch an den menschlichen Stimmbändern der Ton im Umfange einer Quinte erhöht werden. Man sieht leicht ein, daß diese Wirkung des Windes lediglich auf der durch ihn bedingten Spannung der Stimmbänder beruht. Je stärker die ausgeathmete Luft gegen dieselben bläst, desto mehr werden die Stimmbänder hervorgetrieben und bei sonst gleicher Stellung der spannenden Knorpel wie ein Segel stärker angeschwellt und so ihr Ton erhöht. Es zeigt aber dies Verhältniß, daß das An- und Abschwellen der Töne beim Singen nicht so einfach ist, als manche Singlehrer sich vorstellen, sondern daß es eines wirklichen Studiums und vieler Uebung bedarf, bis der Sänger denselben musikalischen Ton bei Veränderung seiner Stärke genau inne hält. Je mehr er den Ton verstärkt durch heftigeres Ausathmen, desto mehr muß er die Stimmbänder abspannen, um die durch Verstärkung des Windes bewirkte Erhöhung zu compensiren. Nicht Jedem aber ist es gegeben, diese beiden Kräfte stets in vollkommenem Gleichgewichte zu halten, und sobald dies Gleichgewicht gestört ist, so detonirt die Stimme beim Schwellen des Tones.

Durch verschiedene Spannung der Stimmbänder läßt sich allein schon ein Wechsel von Tönen im Umfange von etwa 2 Octaven bei gewöhnlichen Kehlköpfen hervorbringen. Der gewöhnliche Umfang einer Stimme beträgt 2, höchstens 2½ Octaven von Tönen, welche rein und musikalisch angegeben werden können; die meisten Menschen besitzen noch einige Töne darunter oder darüber, welche entweder schreiend oder zu dumpf sind, als daß sie beim Gesange benutzt werden können. Ausgezeichnete Sänger und Sängerinnen erreichen einen weit bedeutenderen Umfang — daß es Jemand bis zu 4 Octaven gebracht habe, ist nicht bekannt.

Wenn wir aus den Versuchen an todten Kehlköpfen bis jetzt mit ziemlicher Genauigkeit die Bedingungen der Tonbildung ermitteln konnten, so fehlen uns dagegen noch alle näheren Angaben über das Verhalten der höheren Theile des Stimmapparates, zum Gesange namentlich. Daß dieselben den größten Ein-

fluß auf die Tonfarbe, den Klang, die Völle und Rundung des Tones haben müssen, kann nicht in Abrede gestellt werden; wir wissen aber nicht, welchen Beitrag der Kehldeckel, die Geräumigkeit der Rachenhöhle, der Nasenröhre, der Mundhöhle, die Bildung der Zunge, des Gaumens und der Lippen auf alle die Nebenverhältnisse haben, welche dem Gesange erst seine wahre Vollendung verleihen.

Die Sprache besteht in der Benutzung der verschiedenen Theile, welche mit den Luftwegen in Verbindung stehen, zu Geräuschen oder Klängen, die von der Stellung dieser Theile und dem durchstreichenden Luftstrome abhängen. Die Hervorbringung der Sprachtöne an sich ist durchaus unabhängig von dem Kehlkopfe und der Stimmritze. Man kann bekanntlich vollkommen deutlich und vernehmlich sprechen, ohne daß ein musikalischer Ton dabei hervorgebracht wird. Einem Taubstummen gegenüber ist es vollkommen gleichgültig, ob man laut und vernehmlich spricht, oder ob man nur flüstert, indem man die Sprachwerkzeuge in bestimmte Stellungen bringt. Wenn demnach selbst neuere Forscher aus der Anatomie des Kehlkopfes und der Anwesenheit einiger Muskelchen mehr an dem Kehlkopfe einer Affenart dieser letzteren eine materielle höhere Bildung der Sprachwerkzeuge vindicirten, so zeigt dies nur, daß diese Herren über Sprachbildung selbst noch nicht einmal nachgedacht hatten. Bei den Consonanten betheiligt sich der Kehlkopf und die Stimmritze niemals; bei den Vokalen treten diese Theile nur dann in Mitwirkung, wenn laut gesprochen wird; allein auch dann bringen sie nur den musikalischen Ton hervor, der erst durch die verschiedenen Modifikationen des Mundnasenrohres artikulirt und in einen Vokal umgewandelt wird. Die Stimmritze allein kann nie einen Vokal hervorbringen, ihre Schwingungen erzeugen nur den musikalischen Ton; wäre dies nicht der Fall, so könnte man nicht jeden Vokal in jedem beliebigen Tone singen. Man wählt freilich bei Singübungen meist das a; allein dies nur aus dem einfachen Grunde, weil das a eben eine bedeutende Oeffnung des Mundes und der Zahnreihen verlangt und des-

halb den Ton in seiner größten ursprünglichen Reinheit läßt, während alle andern Vokale mehr oder minder eine Verkleinerung der Mundspalte, des Mundraumes oder der Gaumenhöhle verlangen, und dadurch den Ton mehr oder minder verhüllen und unklar machen. Nationen, welche das reine a in ihrer Sprache nicht besitzen, weil sie zu faul sind, den Mund gehörig zu öffnen, wie z. B. die Engländer, besitzen deshalb auch stets einen gequetschten unangenehmen Gesang, dessen sie nur durch größte Anstrengung sich entledigen können.

Es würde zu weit führen, hier nachweisen zu wollen, in welcher Weise die verschiedenen Theile der Sprachwerkzeuge arbeiten, um die einzelnen Buchstaben, seien es nun Vokale oder Consonanten, hervorzubringen. Der einzige Unterschied zwischen diesen beiden Reihen von Buchstaben besteht darin, daß bei den ersteren die Stimmritze wirklich einen musikalischen Ton hervorbringt, bei den letzteren aber nicht, und die Tonbildung, wenn eine solche vorhanden, in den vorderen Theilen der Sprachwerkzeuge geschieht. Meist indeß können die Consonanten nur als bestimmte Geräusche, bald durch diese, bald durch jene Organe hervorgebracht, aufgefaßt werden, und die Sprachen der civilisirten Völker besitzen nur solche Consonanten, welche Geräusche bilden. Bei geringeren Graden der Kultur werden indeß auch Schnalz- und Knalllaute mit den Lippen und der Zunge hervorgebracht, denen man den Charakter des Tones nicht versagen kann, und man braucht wahrlich nicht zu den Hottentoten zu gehen, um solche Töne anwenden zu hören. Die Appenzeller Bauern schnalzen sehr oft mit der Zunge, statt Ja zu sagen, und ich kann versichern, daß ein solcher Schnalz nicht minder kräftig klingt, als ein guter Peitschenknall.

Mit Ausnahme des h, welches nur ein plötzliches rascheres Hervorstoßen der Luftströmung bezeichnet, zeigen alle Consonanten die Uebereinstimmung, daß bei unveränderter Stellung des Zungenbeines zum Kehlkopfe der Luftweg von der Stimmritze bis zur Mundöffnung irgendwo verengert wird, so daß die vorbeiströmende Luft ein Geräusch bildet. Nach dem Orte der Ver-

engerung kann man so die Consonanten in drei Gruppen theilen: in der ersten, p, b, f, w, m umfassend, sind es entweder die beiden Lippen, oder eine Lippe mit einer Zahnreihe, welche einen mehr oder minder vollständigen Verschluß herstellt. Bei der Gruppe d, t, s, l und n wird der mehr oder minder vollständige Verschluß von dem vorderen Zungenende hervorgebracht, das sich an die Zähne oder den vorderen harten Gaumen anlegt. Bei g, k, ch, j und dem Nasen-n, sowie bei dem Gutturalen r wird der Verschluß an dem hinteren Theil der Zunge, zwischen diesem und den weichen Theilen des hinteren Gaumens hergestellt.

Der gegenseitige Umsatz der verschiedenen Vokale und Consonanten, der Uebergang der einen in die andern hat zu einer ganzen Wissenschaft, der vergleichenden Sprachwissenschaft, geführt, auf deren weiser Benutzung gar viele unserer Kenntnisse über die Ausbreitung der verschiedenen Stämme und Arten des Menschengeschlechts auf der Erde beruhen. Ich sage, bei weiser Benutzung; denn wenn man, auf die zufällige Aehnlichkeit einiger Laute gestützt, die Neger aus einem gemeinschaftlichen Stamme mit uns Kaukasiern ableiten will; so stellen sich solche Bemühungen ganz in dieselbe Reihe mit denjenigen der Naturphilosophen, welche den Menschen aus dem Infusorium construirten. Man kann auch Aehnlichkeiten finden zwischen einem Kameel und einem Berge, und bei einiger Gewandtheit das Wort Verstand von dem griechischen Nus ableiten. Die Sprache ist das unmittelbare Erzeugniß des schöpferischen Geistes eines Volkes; sie steht im engsten Zusammenhange mit der Art und Weise seines Denkens, und wie der Einzelne, je nach der Eigenthümlichkeit seiner ganzen Individualität, sich in dieser oder jener Art auszudrücken pflegt, je nachdem seine Geistesbildung eine bestimmte Richtung hat; so drückt sich auch der Charakter und die Fortbildung eines Volkes wesentlich in den eigenthümlichen Zügen und dem Fortschritte seiner Sprache aus. Diejenigen Völker aber sind unabweislich zur Sterilität verdammt, bei denen eine fremde Sprache sich auf eine verschiedene Nationalität gepfropft hat, bei welchen Charak-

ter und Bildung in wesentlichem Widerspruche mit ihrer Sprache stehen. Erst wenn der Widerspruch sich in einem Mischmasche gelöst hat, erst dann kann wieder eine eigenthümliche Richtung entstehen. Wir sehen dies deutlich in unserem Europa, wo politische Verhältnisse Manches anders geordnet haben, als es sein sollte. Die Engländer haben sich aus dem Chaos ihrer Sprachmischung zu einem eigenthümlichen Idiome erhoben, dessen Kürze und einförmige langweilige Modulation ihrem Charakter entspricht, in welchem sie mithin productionsfähig sind; im Elsasse hingegen, wo französisch und deutsch noch im Kampfe liegen, und das eine von oben, das andere vom Kerne des Volkes aus genährt wird, kann nichts Rechtes aufkommen, weil ein Element das andere erstickt. Solche Verhältnisse hallen lange nach; — das Waadtland spricht französisch, bildet sich französisch, will französisch sein; aber trotz dem empfindet es deutsch, hat deutsche Art zu schließen und zu denken und wird deshalb ewig steril bleiben, weil eben die Sprache dem geistigen Bedürfnisse nicht entspricht. Wie unsinnig deshalb eine Universalsprache ist, muß dem Befangensten einleuchten. Sie würde dem Bedürfnisse Niemandes entsprechen und bald wieder so gemodelt werden, wie der große indo-germanische Sprachstamm seine Dialekte modelte: zu unabhängigen Sprachen, in deren Keimen nur der gemeinschaftliche Ursprung ersichtlich ist.